

UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA

ESTUDIO CRÍTICO DE LAS DETERMINACIONES DE  
CONTAMINANTES METÁLICOS EN MEDIOAMBIENTE  
LABORAL Y FLUIDOS BIOLÓGICOS DE PERSONAS  
POTENCIALMENTE EXPUESTAS A RIESGO TOXICOLÓGICO

Memoria presentada por  
Ramiro Barrio Gómez  
para optar al grado de Doctor en Química

OCTUBRE 1993

**UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

*Departamento de Química Analítica*

**ESTUDIO CRITICO DE LAS DETERMINACIONES DE  
CONTAMINANTES METALICOS EN MEDIOAMBIENTE  
LABORAL Y FLUIDOS BIOLOGICOS DE PERSONAS  
POTENCIALMENTE EXPUESTAS A RIESGO TOXICOLOGICO**

Memoria presentada por

**Ramiro Barrio Gómez**

para optar al grado de Doctor en Química

Octubre 1.993





## UNIVERSIDADE DA CORUÑA

### DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA

Campus da Zapateira, s/n  
15071 A Coruña  
España-Spain  
Telf.: 10.00.00  
Ext. 2050  
Fax: 10.41.29

**DARÍO PRADA RODRÍGUEZ, CATEDRÁTICO Y  
DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
ANALÍTICA DE LA UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA.**

**AUTORIZA a D. Ramiro Barrio Gómez a presentar  
el trabajo titulado "ESTUDIO CRÍTICO DE LAS DETERMINACIONES  
DE CONTAMINANTES METÁLICOS EN MEDIOAMBIENTE LABORAL Y  
FLUIDOS BIOLÓGICOS DE PERSONAS POTENCIALMENTE EXPUESTAS A  
RIESGO TOXICOLÓGICO" para optar al Grado de Doctor en  
Química.**

**A Coruña, noviembre de 1993**



**Fdo.: Darío Prada Rodríguez**



## UNIVERSIDADE DA CORUÑA

### DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA

Escuela Universitaria Politécnica  
Ctra. Aneiros, s/n. Serantes  
15405 Ferrol. España-Spain

JOSÉ MARÍA FERNÁNDEZ SOLÍS, CATEDRÁTICO DE ESCUELA UNIVERSITARIA Y JESÚS MANUEL CASTRO ROMERO, PROFESOR TITULAR DE ESCUELA UNIVERSITARIA, AMBOS PERTENECIENTES AL DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA DE LA UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA,

CERTIFICAN: Que la tesis titulada "ESTUDIO CRÍTICO DE LAS DETERMINACIONES DE CONTAMINANTES METÁLICOS EN MEDIOAMBIENTE LABORAL Y FLUIDOS BIOLÓGICOS DE PERSONAS POTENCIALMENTE EXPUESTAS A RIESGO TOXICOLÓGICO" presentada por D. RAMIRO BARRIO GÓMEZ para optar al Grado de Doctor, ha sido realizada bajo nuestra dirección en los laboratorios de Análisis Clínicos y Toxicológicos de la Empresa Nacional Bazán de Ferrol y de Química de la Escuela Universitaria Politécnica de la Universidad de La Coruña.

Y para que así conste, se expide la presente en Ferrol, noviembre de mil novecientos noventa y tres.



J.M. Fernández Solís

J.M. Castro Romero



## **Agradecimiento:**

Quiero hacer constar mi agradecimiento a los directores de este trabajo **Dres. José M<sup>a</sup> Fernández Solís y Jesús M. Castro Romero** por su orientación y apoyo.

A la dirección de la **E.N. BAZAN**, en especial a los **Dtos. de Personal y Prevención, Servicios Médicos y Gestión de Calidad**, por las facilidades dadas para la realización del trabajo.

A aquellos **compañeros de los anteriores departamentos** que participaron directamente en su desarrollo, en especial a **Juana, Teresa y Joaquín**, sin cuya ayuda y colaboración no hubiera sido posible su conclusión.

A **aquellas personas que de forma voluntaria participaron** en los programas de muestras, así como a los responsables de cada uno de los grupos que facilitaron el que dicho programa pudiera ser llevado adelante.

## **INDICE**





## INDICE

INTRODUCCION	Página	1
A.1 Acción del mundo exterior sobre el individuo ..		3
A.2 Fundamentos de toxicología laboral .....		7
 CAPITULO I		
EXPOSICION Y TOXICIDAD	Página	11
I.1 Acción del trabajo sobre el individuo .....		13
I.1.1 Toxicidad .....		14
I.1.2 Exposición .....		14
I.1.3 Riesgo .....		15
I.1.4 Daño .....		20
 CAPITULO II		
EVALUACION DEL EFECTO TOXICO	Página	25
II.1 Evaluación del efecto tóxico .....		27
II.2 Toxicología experimental .....		28
II.2.1 Experimentos con voluntarios humanos ...		28
II.2.2 Experimentos con animales .....		28
II.2.3 Curva dosis-efecto .....		29
II.2.4 Tipos de dosis .....		30
II.2.5 Curvas dosis-respuesta .....		32
II.3 Estudios epidemiológicos .....		39
II.4 Extrapolación por analogía química .....		40
II.5 Normas internacionales de ensayos de toxicidad		40
 CAPITULO III		
CONTROLES DE EXPOSICION	Página	41
III.1 Actuación para establecer un control de exposición .....		43

III.1.1	Control ambiental .....	46
III.1.1.1	Valores máximos permitidos .....	47
III.1.1.1.1	PEL de EE.UU .....	47
III.1.1.1.2	MAK de Alemania .....	48
III.1.1.1.3	MAC de Rusia .....	48
III.1.1.1.4	Directivas de la CEE .....	48
III.1.1.1.5	CMP de España .....	50
III.1.1.1.6	LV's de Francia .....	50
III.1.1.1.7	OEL de Gran Bretaña .....	50
III.1.1.1.8	VLE de Suecia .....	51
III.1.1.2	Threshold Limit Values-TLV .....	51
III.1.1.2.1	TLV-TWA .....	53
III.1.1.2.2	TLV-STEL .....	53
III.1.1.2.3	TLC-C .....	54
III.1.2	Control biológico .....	55
III.1.2.1	Valores límite biológicos .....	55
III.1.2.2	Valores límite de la CEE .....	57
III.1.2.3	Biological Exposure Indices-BEI's .....	58
III.2	Control de la salud .....	61

#### CAPITULO IV

##### POLVOS METALICOS

Página 63

IV.1	Absorción del polvo .....	65
IV.2	Proceso de deposición .....	65
IV.2.1	Impactación por inercia .....	67
IV.2.2	Deposición por sedimentación .....	68
IV.2.3	Deposición por intercepción .....	68
IV.2.4	Deposición por difusión .....	69
IV.3	Distribución del polvo .....	69
IV.3.1	Fracción de masa inspirable .....	71
IV.3.2	Fracción de masa torácica .....	71
IV.3.3	Fracción de masa respirable .....	72
IV.4	Aclaramiento .....	72
IV.4.1	Aclaramiento mucolítico .....	73
IV.4.2	Aclaramiento alveolar .....	73
IV.5	Efecto tóxico del polvo .....	74
IV.5.1	Efecto tóxico del polvo depositado .....	74
IV.5.1.1	Polvos propiamente pneumoconióticos .....	75
IV.5.1.2	Polvos molestos o inertes .....	75
IV.5.2	Efecto tóxico del metal absorbido .....	75

#### CAPITULO V

##### TOXICOLOGIA DE METALES

Página 77

V.1	Toxicología de los metales .....	79
V.2	Acción patológica por acumulación .....	81
V.2.1	Neumoconiosis .....	81
V.2.2	Depósito en tejidos y órganos .....	81
V.3	Acción sobre el órgano crítico .....	82
V.4	Características de los metales .....	83

<b>CAPITULO VI</b>		
<b>CONDICIONES DEL ESTUDIO</b>	<b>Página</b>	<b>85</b>
VI.1 Descripción de la empresa .....		87
VI.2 Riesgo de exposición .....		88
VI.2.1 Personal sin riesgo .....		88
VI.2.2 Personal con bajo riesgo .....		89
VI.2.3 Personal con riesgo .....		89
VI.3 Características de la actividad laboral .....		90
VI.4 Planteamiento de un programa .....		92

<b>CAPITULO VII</b>		
<b>ANALITICA AMBIENTAL</b>	<b>Página</b>	<b>97</b>
VII.1 Antecedentes .....		99
VII.2 Métodos analíticos .....		100
VII.2.1 Inicios .....		100
VII.2.2 Procedimiento general para metales ....		101
VII.2.2.1 Método NIOSH 173 .....		101
VII.2.2.2 Preparación de muestras .....		102
VII.3 Parte experimental .....		103
VII.3.1 Aparatos y material .....		103
VII.3.2 Reactivos .....		104
VII.3.3 Lavado de material .....		104
VII.3.4 Parámetros instrumentales .....		105
VII.4 Características del método .....		105
VII.4.1 Sensibilidad .....		105
VII.4.2 Límite de detección .....		106
VII.4.3 Precisión y exactitud .....		106

<b>CAPITULO VIII</b>		
<b>PROGRAMA PICC-MET</b>	<b>Página</b>	<b>109</b>
VIII.1 Introducción .....		111
VIII.2 Esquema de funcionamiento .....		111
VIII.2.1 Resultados aceptables .....		111
VIII.2.2 Resultados exactos .....		112
VIII.2.3 Intervalo de valores .....		112
VIII.3 Análisis de resultados .....		112
VIII.3.1 Plomo .....		112
VIII.3.1.1 Condiciones generales .....		112
VIII.3.1.2 Resultados particulares .....		117
VIII.3.1.2.1 Precisión .....		118
VIII.3.1.2.2 Exactitud .....		118
VIII.3.1.2.3 Regresión .....		118
VIII.3.1.2.4 Correlación .....		123
VIII.3.1.2.5 Hipótesis de rechazo .....		124
VIII.3.1.2.6 Error de estima .....		125



VIII.3.2	Cromo .....	125
VIII.3.2.1	Resultados .....	125
VIII.3.2.2	Repetitividad .....	126
VIII.4	Parámetros estadísticos .....	126
VIII.5	Conclusiones .....	139

## CAPITULO IX

### CONTAMINACION POR SOLDADURA

	Página	141
IX.1	Procesos de soldadura .....	143
IX.1.1	Soldadura por combustión de gases .....	143
IX.1.2	Soldadura por arco eléctrico .....	144
IX.1.2.1	Soldadura M.A.G y M.I.G .....	144
IX.1.2.2	Soldadura con electrodo revestido .....	145
IX.1.3	Soldadura por resistencia eléctrica ....	145
IX.2	Contaminación por soldadura .....	145
IX.2.1	Generación de contaminantes según su origen .....	146
IX.2.1.1	Procedentes de material base .....	146
IX.2.1.2	Procedentes del recubrimiento de material base .....	146
IX.2.1.3	Procedentes del material de aporte .....	147
IX.2.2	Contaminantes según sus efectos .....	148
IX.2.3	Factores que influyen en la formación de contaminantes .....	148
IX.2.4	Factores que influyen en la cantidad de contaminantes inhalados .....	149
IX.2.5	Condiciones analíticas generales .....	150
IX.3	Determinaciones en soldadura oxi-acetilénica .....	152
IX.3.1	Descripción .....	152
IX.3.2	Resultados I .....	159
IX.3.3	Resultados II .....	165
IX.3.4	Resultados III .....	173
IX.3.5	Discusión .....	183
IX.3.5.1	Riesgo higiénico agudo .....	183
IX.3.5.2	Riesgo higiénico crónico .....	187
IX.3.5.3	Resumen .....	187
IX.4	Soldaduras por arco eléctrico .....	189
IX.4.1	Condiciones generales .....	189
IX.4.2	Soldadura eléctrica M.A.G .....	190
IX.4.2.1	Resultados I .....	190
IX.4.2.2	Resultados II .....	195
IX.4.2.3	Resultados III .....	201
IX.4.2.4	Discusión .....	205
IX.4.3	Soldadura eléctrica M.I.G .....	207
IX.4.3.1	Resultados I .....	207
IX.4.3.2	Discusión .....	211
IX.4.4	Soldadura eléctrica con electrodo revestido .....	212
IX.4.4.1	Descripción .....	212
IX.4.4.2	Resultados I .....	212
IX.4.4.3	Resultados II .....	217

IX.4.4.3	Resultados II .....	217
IX.4.4.4	Resultados III .....	221
IX.4.4.5	Resultados IV .....	227
IX.4.4.6	Discusión .....	231

## CAPITULO X

### OTRAS CONTAMINACIONES

Página 233

X.1	Contaminación por pinturas .....	235
X.1.1	Condiciones generales .....	235
X.1.2	Resultados I .....	236
X.1.3	Resultados II .....	243
X.1.3.1	Descripción .....	243
X.1.3.2	Resultados II-A .....	246
X.1.3.3	Resultados II-B .....	249
X.2	Contaminación por procesos mecánicos .....	253
X.2.1	Condiciones generales .....	253
X.2.2	Resultados I .....	254
X.2.3	Resultados II .....	261
X.2.4	Resultados III .....	265
X.3	Discusión .....	269
X.3.1	Pintado .....	269
X.3.2	Mecanizado .....	269

## CAPITULO XI

### DETERMINACIONES BIOLOGICAS

Página 271

XI.1	Determinaciones biológicas .....	273
XI.2	Condiciones analíticas .....	278
XI.3	Determinaciones biológicas de aluminio .....	282
XI.3.1	Descripción .....	282
XI.3.2	Resultados .....	283
XI.3.3	Discusión .....	283
XI.4	Determinaciones biológicas de manganeso .....	287
XI.4.1	Condiciones generales .....	287
XI.4.2	Condiciones analíticas .....	289
XI.4.2.1	Tratamiento de las muestras de orina .....	289
XI.4.2.2	Materiales y métodos analíticos ..	290
XI.4.2.2.1	Determinación de creatinina en orina .....	290
XI.4.2.2.2	Determinación de manganeso .....	291
XI.4.3	Resultados .....	302
XI.4.3.1	Presentación .....	302
XI.4.3.2	Personas no expuestas (R-I) .....	302
XI.4.3.3	Personas potencialmente expuestas R-II .....	303
XI.5	Discusión .....	309

CAPITULO XII  
TOXICOLOGIA DEL PLOMO

Página 311

XII.1	Toxicología del plomo .....	313
XII.1.1	Antecedentes .....	313
XII.1.2	Toxicocinética del plomo .....	315
XII.1.3	Distribución .....	316
XII.1.4	Eliminación .....	318
XII.1.5	Mecanismos de acción .....	318
XII.1.6	Manifestaciones clinicas .....	320
XII.1.6.1	Hematopoyético .....	320
XII.1.6.2	Tracto digestivo .....	320
XII.1.6.3	Nervioso .....	321
XII.1.6.4	Excretor .....	321
XII.1.6.5	Circulatorio .....	322
XII.1.6.6	Hepático .....	322
XII.2	Legislación .....	323
XII.2.1	Antecedentes .....	323
XII.2.2	Legislación de la CEE .....	324
XII.2.3	Legislación española .....	325
XII.2.3.1	Reglamento .....	326
XII.2.3.2	Diferencias entre Directiva y Reglamento .....	332
XII.3	Metodología analítica .....	333
XII.3.1	Recogida de muestras biológicas .....	334
XII.3.2	Determinación de plumbemia .....	334
XII.3.2.1	Técnica analítica .....	335
XII.3.2.2	Método analítico .....	336
XII.3.2.3	Calibración .....	338
XII.3.3	Determinación de Zn-Protoporfirina ....	340
XII.3.3.1	Recogida de muestras .....	340
XII.3.3.2	Técnica analítica .....	343
XII.3.3.3	Hematofluorímetro .....	344
XII.3.3.4	Método analítico .....	345
XII.3.3.5	Calibración .....	346

CAPITULO XIII  
PICC-Pbs

Página 347

XIII.1	Introducción .....	349
XIII.2	Características de las muestras .....	349
XIII.3	Esquema del funcionamiento .....	350
XIII.3.1	Condiciones generales .....	350
XIII.3.1.1	Parámetros .....	350
XIII.3.1.2	Indices de valoración .....	350
XIII.3.1.2.1	Resultados válidos .....	350
XIII.3.1.2.2	Resultados exactos .....	351
XIII.3.1.3	Indice de variabilidad .....	351
XIII.3.1.4	Valor diana .....	351
XIII.4	Análisis de resultados .....	352
XIII.4.1	Según técnicas analíticas .....	352
XIII.4.1.1	Técnicas utilizadas .....	352



XIII.4.1.2	Resultados .....	353
XIII.4.1.3	Precisión .....	359
XIII.4.1.4	Exactitud .....	360
XIII.4.2	Resultados de nuestro laboratorio ....	365
XIII.4.2.1	Evolución .....	365
XIII.4.2.2	Resultados .....	365
XIII.4.2.2.1	Precisión .....	366
XIII.4.2.2.2	Exactitud .....	366
XIII.4.2.3	Regresión y correlación .....	377
XIII.4.2.3.1	Recta de regresión .....	377
XIII.4.2.3.2	Correlación .....	377
XIII.4.2.3.3	Hipótesis de rechazo .....	377
XIII.4.2.3.4	Error de estimación .....	378
XIII.4.2.4	Valores inferiores a 50 µg/dl	378
XIII.4.2.5	Reproductividad .....	385
XIII.5	Parámetros estadísticos .....	385
XIII.6	Conclusiones .....	386
XIII.6.1	Técnicas analíticas .....	386
XIII.6.2	Nuestro método analítico .....	386

#### CAPITULO XIV

DETERMINACIONES BIOLOGICAS DE PLOMO	Página	397
XIV.1	Introducción .....	399
XIV.2	Resumen del programa de determinaciones .....	401
XIV.3	Personas trabajadoras no expuestas .....	402
XIV.4	Personas con hepatopatías .....	409
XIV.5	Agentes municipales .....	413
XIV.6	Trabajadores de pintura de automóvil .....	417
XIV.7	Trabajadores de compañía auxiliar .....	421
XIV.8	Trabajadores de fábrica de PVC .....	425
XIV.8.1	Condiciones laborales .....	425
XIV.8.2	Determinaciones biológicas .....	429
XIV.8.3	Discusión .....	433
XIV.9	Trabajadores de procesos de soldadura .....	437
XIV.9.1	Descripción .....	437
XIV.9.2	Determinaciones de plumbemia .....	437
XIV.9.3	Determinaciones de Zn-PP .....	443
XIV.9.4	Discusión .....	444
XIV.10	Trabajadores en labores de pintura .....	447
XIV.10.1	Descripción .....	447
XIV.10.2	Determinaciones de plumbemia .....	448
XIV.10.3	Determinaciones de Zn-PP .....	455
XIV.10.4	Discusión .....	461
XIV.10.4.1	Plumbemias .....	461
XIV.10.4.2	Zn-PP .....	462
XIV.11	Relación plumbemia-Zn-Protoporfirina .....	463
XIV.11.1	Antecedentes .....	463
XIV.11.2	Dependencia entre plumbemia y Zn-PP .....	463
XIV.11.3	Resultados .....	467
XIV.11.3.1	R-IA	
	Relación PbS-Zn-PP µg/g Hb	467

XIV.11.3.2	R-IB		
	Relación PbS-Zn-PP	µg/g Hb	468
XIV.11.3.3	R-IIA		
	Relación PbS-Zn-PP	µg/dl de sangre .....	469
XIV.11.3.4	R-IIB		
	Relación PbS-Zn-PP	µg/dl de sangre .....	470
XIV.11.3.5	R-III		
	Relación PbS-Log Zn-PP	µg/g Hb .....	473
XIV.11.3.6	R-IV		
	Relación PbS-log Zn-PP	µg/dl de sangre .....	474
XIV.11.4	Discusión .....		477

CAPITULO XV  
CONCLUSIONES

Página 481

BIBLIOGRAFIA

Página 503

## **INTRODUCCION**





## A.1 ACCION DEL MUNDO EXTERIOR SOBRE EL INDIVIDUO

La preocupación por la salud ha sido uno de los grandes retos por los que el hombre ha luchado a lo largo de la historia; todo lo que haya servido para solucionar este "problema" ha sido aceptado y acogido con la mayor esperanza, lo cual ha servido para tomar caminos desde los más científicos y experimentados a otros que ahora nos parecen pueriles e ingenuos, como se puede observar en cualquier Historia de la Medicina.

Con el paso de los años se ha ido contando con un gran avance, tanto en conocimientos como en medios técnicos, de forma que muchos de estos problemas, al principio con un aspecto casi insalvable y de consecuencias desoladoras, se han ido superando con el consiguiente alivio para la humanidad; recordemos el descubrimiento de los antibióticos, las campañas de vacunaciones, cirugía, etc... Pero paralelamente a estos logros se fueron descubriendo o hicieron su aparición otra serie de factores que iban a tener acciones perjudiciales, en algunos casos muy perjudiciales, tanto sobre el hombre y animales como sobre su entorno.

Aún cuando se conocían sus efectos desde antiguo, podemos considerar relativamente reciente en la Historia de la Medicina el concepto y estudio de la TOXICOLOGIA. En su

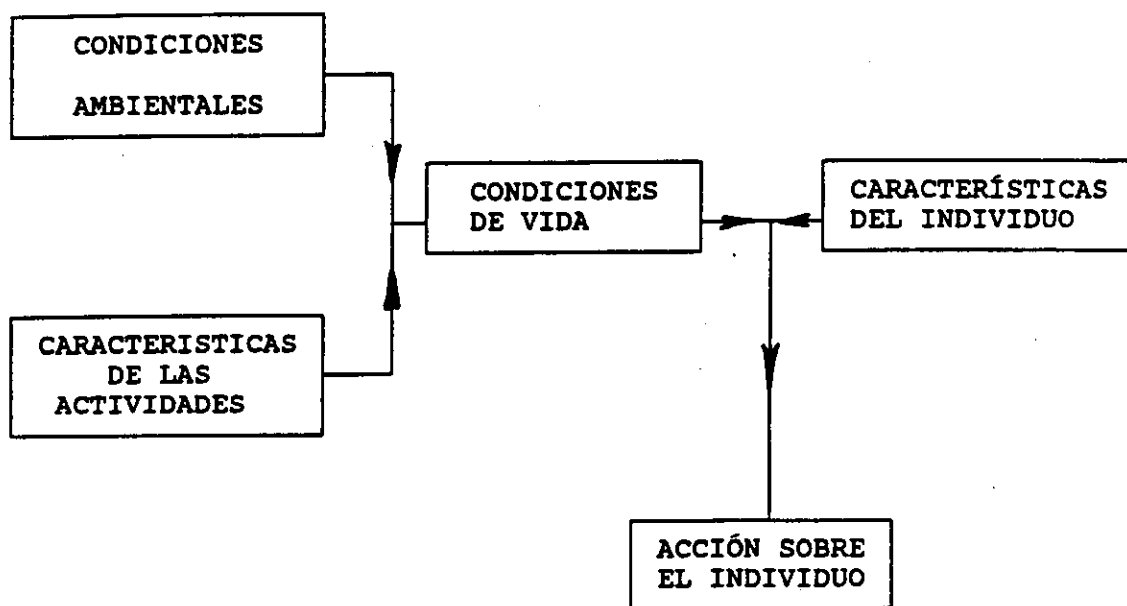
sentido más amplio la podíamos definir como la ciencia que estudia los TOXICOS y su interacción sobre los seres vivos; entendemos como TOXICO cualquier sustancia que al ponerse en contacto con un organismo va a producir una alteración en sus constantes vitales. (1)

Podemos considerar, por su importancia y trascendencia histórica, a los venenos como una parte de los tóxicos, pero en este caso la penetración en el organismo es de una forma voluntaria, bien del propio individuo o de otro externo, mientras que el tóxico lo hace de una forma accidental e involuntaria.

Refiriéndonos a estos últimos, desde su origen el hombre ha estado rodeado de una serie de sustancias químicas, de origen mineral, vegetal o animal, que después de penetrar en el organismo por cualquier vía de entrada, van a producir una acción perjudicial hasta el punto que pueden condicionar los límites entre los que hemos determinado el umbral entre SALUD (\*) óptima y deteriorada. Debido al gran desarrollo industrial y avance técnico, en nuestros días estos peligros estan aumentando de una forma alarmante.

---

(\*) SALUD: (O.M.S).- Es el equilibrio y bienestar físico, mental y social. (2)



**Figura A-1 ACCIÓN DEL MUNDO EXTERIOR SOBRE EL INDIVIDUO**

En general va a haber una serie de factores que van a tener una "acción sobre el sistema biológico del hombre". De estos factores, unos denominados INTRINSECOS como susceptibilidad individual, edad, sexo, raza, código genético, etc, van a conformar las "características del individuo" y sobre ellos no vamos a poder ejercer ningún tipo de control. Otro segundo grupo, denominados EXTRINSECOS, van a configurar las "condiciones de vida" del individuo; a su vez, estos últimos tienen dos ramas, una formada por todos aquellos que regulan las "características de las actividades del individuo" como los hábitos de vida, alimentación, actividad física, etc, y sobre ellos vamos a tener algún tipo de control, pero no excesivo; y otra formada por todos aquellos que regularán las "condiciones

ambientales" y sobre las que el individuo y mucho más la sociedad van a tener la obligación de actuar para controlarlos, y que sus efectos sean lo menos perjudiciales posibles.

La consecuencia de estos FACTORES AMBIENTALES será una CONTAMINACION AMBIENTAL, que generalmente se produce de una forma lenta y continua, como podemos observar día a día a través de las chimeneas domésticas e industriales, de los escapes de los motores de los coches, de los vertidos continuos a rios y mares, de pesticidas, plásticos, etc. Otras veces el escape a la atmósfera puede hacerse de una forma brusca e incontrolada, y si la sustancia es muy tóxica, produce una auténtica catástrofe ecológica y humana. Como ejemplo basta recordar los accidentes tristemente célebres del vertido de MERCURIO en la Bahía de Minamoto en Japón, el escape de DIOXINA de Deveso en Italia, la reciente catástrofe de Bhopal en la India por escape de ISOCIANATO DE METILO, o el más reciente desastre humano del escape radiactivo de Chernobil en la URSS.

Tanto una forma como otra de contaminación ambiental contribuyen al continuo deterioro de nuestro ambiente, en algunos casos con consecuencias completamente irreversibles.

Todos nos sentimos orgullosos y partícipes del gran desarrollo técnico e industrial de los últimos años, pero no es menos cierto que ello nos ha acarreado algunas

consecuencias no deseables. En nuestras fábricas y factorías se utilizan tal cantidad de sustancias químicas que alcanzan ya los varios millones, y su número se ve incrementado día a día de una forma alarmante.

Un gran número de estas sustancias se pueden considerar como absolutamente necesarias para el desarrollo humano, y sería prácticamente imposible pensar en la Sociedad del Bienestar actual sin la mayoría de ellas. También podemos afirmar que, por suerte, un gran número de estos productos químicos se pueden considerar como INOCUOS, e incluso los hay que han tenido unos efectos muy beneficiosos, tanto para las personas y animales como para el medio ambiental.

Pero no todos son así, como se vió en los ejemplos tristemente célebres anteriores; sino que aún quedan otros, demasiado numerosos, que tienen unos efectos desastrosos para el medio ambiente y los seres que los rodean.

## A.2 FUNDAMENTOS DE TOXICOLOGIA LABORAL

Cuando estos productos, más o menos peligrosos, están presentes en el medio laboral, el individuo en su puesto de trabajo se ve expuesto a riesgos provocados por contaminantes químicos con mucha mayor frecuencia que la población en general. Igualmente está sometido a contaminantes físicos y biológicos, como consecuencia de su

actividad laboral, que pueden tener como resultado desde lesiones inapreciables hasta la propia muerte.

De estudiar, controlar, y regular todo este mundo se van a ocupar la TOXICOLOGIA LABORAL O DEL TRABAJO, junto con la HIGIENE INDUSTRIAL y la MEDICINA LABORAL, teniendo siempre como única meta eliminar completamente o al menos minimizar todo lo posible los efectos del tóxico sobre el trabajador.

Aunque algunos agentes tóxicos, así como sus consecuencias para el mundo laboral, se conocen desde la antigüedad, el término TOXICOLOGIA DEL TRABAJO (\*) fué introducido muy recientemente y podemos considerar a RAMAZZINI (1773) como su padre y fundador. A partir de aquí

---

(\*) TOXICOLOGIA LABORAL: Es una parte de la toxicología dedicada al estudio de las intoxicaciones producidas por los contaminantes químicos utilizados en la industria, y que suelen penetrar en el hombre como consecuencia de sus manipulaciones y usos.(3)

ENFERMEDAD PROFESIONAL: (Decreto 12-5-1963).- Se entiende por Enfermedad Profesional la producida por elementos o sustancias en industrias u operaciones incluidas en el anexo, y que ocasionan incapacidad permanente o progresiva para el ejercicio normal de la profesión o la muerte.(4)

fué desarrollándose de una forma continua, pero ha sido en el presente siglo cuando ha tomado un mayor auge, hasta el punto de que en la actualidad las reivindicaciones del mundo laboral apuntan más a la mejora de las condiciones laborales que a las meramente económicas, y podríamos decir que se puede medir el nivel de desarrollo de un país por la cantidad de su presupuesto que invierte en el control de la contaminación ambiental y por extensión, en el de mejorar las condiciones ambientales de los trabajadores en su puesto de trabajo.





## **CAPITULO I**

### **EXPOSICION Y TOXICIDAD**



## I.1 ACCION DEL TRABAJO SOBRE EL INDIVIDUO

Dando por supuesto que el hombre trabajador ha de estar expuesto en mayor o menor nivel a una serie de productos tóxicos, estos van a tener una gran influencia sobre sus condiciones de vida, y van a ser factor fundamental de la "acción del trabajo sobre el trabajador".

Las "características propias del individuo" a veces pueden tener una gran trascendencia sobre los efectos de los tóxicos, pero muy poco o nada vamos a poder hacer por mejorarlas; no se puede cambiar la edad, sexo, hipersensibilidad, patología, etc... de las personas.

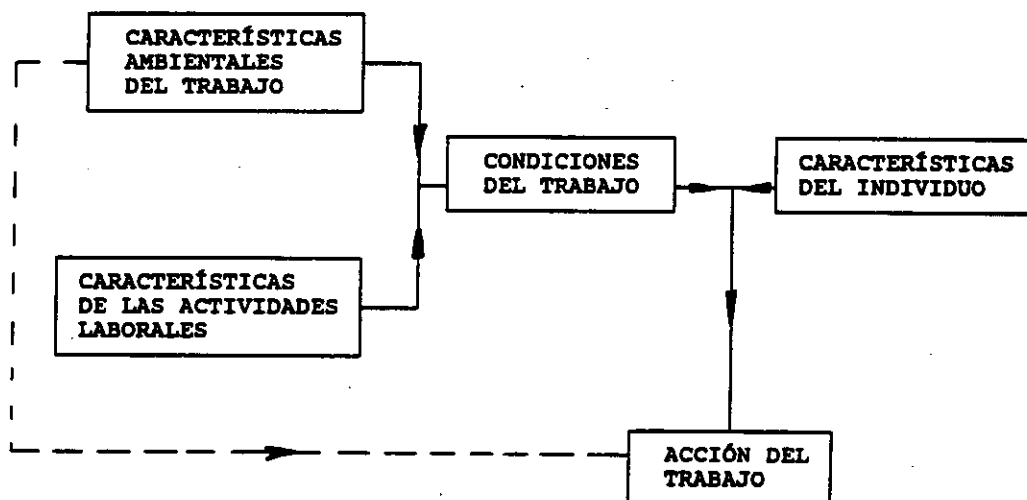


Figura I-1

ACCIÓN DEL TRABAJO SOBRE EL INDIVIDUO

### I.1.1 TOXICIDAD

Refiriéndonos al aspecto laboral, los factores **EXTRINSECOS** al individuo van a conformar todas las "condiciones del trabajo"; algunas de estas condiciones son propias e innatas de las "actividades laborales" y relacionadas directamente con el concepto de **TOXICIDAD**, pero que también difícilmente vamos a poder variar. Si queremos un determinado modelo de industria, será necesario tener sometidas a una serie de personas a atmósferas más o menos contaminadas de un producto que a su vez será más o menos tóxico; de lo contrario, habremos de prescindir de las prestaciones que nos proporciona aquella industria.

### I.1.2 EXPOSICION

La definición de TOXICIDAD (\*) lleva implícito el hecho de que es necesario que el tóxico se ponga en contacto con el individuo, o lo que es lo mismo, que esté presente en las "condiciones ambientales" donde el trabajador realiza su labor. Introducimos por lo tanto el concepto de EXPOSICION (\*) que vendría representado en la Figura I.1 por la línea de puntos, es decir, el efecto directo que las condiciones ambientales van a tener sobre el individuo trabajador. Sobre esta línea de puntos es donde deben desarrollar toda su actividad tanto la Higiene Industrial como la Medicina Preventiva, a fin de

que, como ya hemos dicho anteriormente, anular si es posible o hacer que el trabajador soporte los menos efectos perjudiciales del tóxico.

Pero la exposición va a estar determinada por todas aquellas condiciones específicas en las que se produce y que van a cuantificar sus efectos, por lo que más que la exposición en sí, nos va a interesar la INTENSIDAD de la exposición; esta intensidad va a depender del tiempo que el trabajador esté expuesto, de la temperatura, humedad, repetitividad, etc.

### I.1.3 RIESGO

Con lo anterior damos paso a otro concepto ampliamente utilizado en toxicología laboral, que es el de RIESGO (\*) al que un trabajador está sometido en su puesto de trabajo. Si tuviéramos que definir el riesgo de una forma muy sencilla, casi matemática, diríamos que:

---

(\*) TOXICIDAD: Es la capacidad relativa de un compuesto para ocasionar daños mediante efectos toxicológicos adversos, una vez alcanzado un punto susceptible del organismo.(5)

(\*) EXPOSICION: Es el sometimiento al contacto físico y acción mutua entre el compuesto y el cuerpo del individuo.(6)

## RIESGO = TOXICIDAD x EXPOSICION

de forma que para que el riesgo sea muy pequeño, tenemos que hacer que alguno de los dos factores tienda lo más posible a cero.

Si un determinado producto volátil es tóxico para el pulmón, y un obrero está durante 10 minutos en un lugar donde se utiliza este producto, está sometido a un cierto RIESGO; si esta misma persona permanece en esa misma atmósfera 8 horas, tendrá un RIESGO muchísimo mayor. De todas formas no se puede fácilmente cuantificar el riesgo, sino que en la mayoría de los casos únicamente podemos afirmar que hay MAS O MENOS riesgo. Precisamente, y a expensas de parecer reiterativos, aquí es donde el departamento de Prevención y Salud Laboral de las empresas debe de actuar para disminuir ese riesgo lo más posible, y dado que en la definición "matemática" vemos que no se puede actuar sobre el factor TOXICIDAD, solo queda el intentar que el factor EXPOSICION sea lo más pequeño posible.

Como ya vimos en la definición, es necesario que

---

(\*) RIESGO: Probabilidad de que se produzcan los efectos adversos característicos bajo las circunstancias concretas de la exposición.(7)



F-1 RIESGO TOXICOLOGICO





haya un contacto entre el tóxico y el individuo, por lo que:

- a) Es necesario que ese contacto se pueda prolongar en el tiempo.
- b) Se requiere una CONCENTRACION MINIMA del tóxico en el ambiente.

Similarmente al riesgo, si tuviéramos que definir EXPOSICION de una forma sencilla y "matemática":

$$\text{EXPOSICION} = \text{CONCENTRACION AMBIENTAL} \times \text{TIEMPO}$$

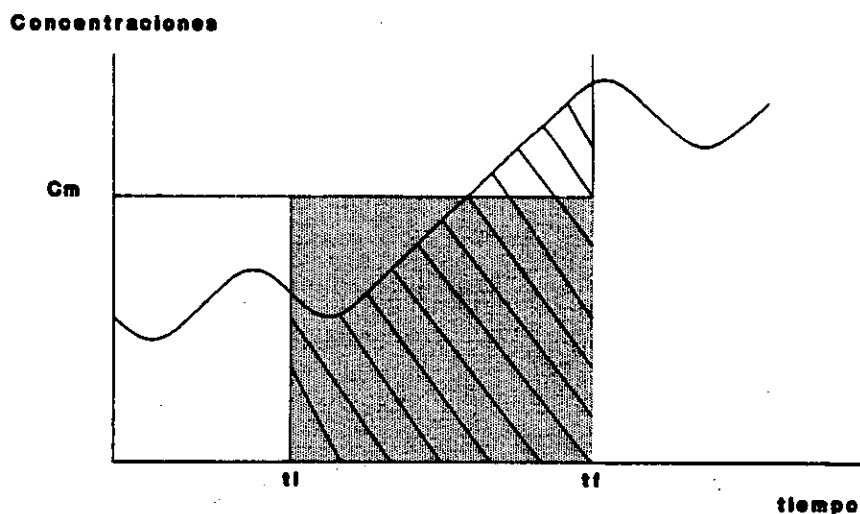


Figura 1-2 EXPOSICIÓN LABORAL

Así pues, podemos cuantificar la exposición como el número que resultaría de multiplicar la concentración ambiental media del tóxico por el tiempo durante el que el trabajador está en esa atmósfera, o lo que sería lo mismo,

el área comprendida bajo la curva de la Figura I.2.

Según esto, podríamos decir que dos trabajadores pueden estar sometidos a la misma exposición aún cuando uno esté la mitad del tiempo que el otro en el ambiente de trabajo, siempre que en el lugar donde realiza su actividad laboral este último haya una concentración de tóxico doble que en el del primero.

Sobre estos dos parámetros, CONCENTRACION (generalmente en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de aire) y TIEMPO (estandarizado para 8 horas diarias y 40 horas semanales de actividad laboral), van a girar casi todos los cálculos y resultados que obtengamos en adelante.

#### I.1.4 DAÑO

Como resumen del presente capítulo, podríamos concluir:

TOXICO  $\rightarrow$  RIESGO  $\rightarrow$  EFECTO  $\rightarrow$  DAÑO

Siempre que tengamos a un individuo bajo los efectos de un tóxico en su medio laboral, lo estamos sometiendo a un RIESGO de contaminación. Proporcionalmente a la magnitud de ese riesgo serán los EFECTOS del tóxico, y el resultado final va a ser un DAÑO, que dependerá de una serie de factores que podemos agrupar de la siguiente forma:

$$\text{DAÑO} = K \times F_{\text{int}} \times F_{\text{ext}} \times F_{\text{amb}}$$

K : Constante de proporcionalidad.

F<sub>int</sub>: Intensidad de factores intrínsecos.

F<sub>ext</sub>: Intensidad de factores extrínsecos.

F<sub>amb</sub>: Intensidad de factores ambientales.

Ahora bien, los factores intrínsecos y extrínsecos se han de considerar como factores HUMANOS, innatos a las características del organismo, y por lo tanto prácticamente constantes.

$$\text{DAÑO} = K \times F_{\text{amb}}$$

A su vez, los factores ambientales serán proporcionales a la toxicidad del agente (T), a la velocidad de absorción del tóxico por el organismo (V), a la concentración ambiental (c), y al tiempo a que está sometido (t).

$$\text{DAÑO} = K \cdot V \cdot T \cdot c \cdot t$$

La toxicidad del agente y la velocidad de absorción se encuentran claramente fijadas por las propiedades físico-químicas de los contaminantes y las del organismo, por lo que igualmente las podemos considerar invariables. Por consiguiente, el daño producido es solo proporcional a la concentración (c) y al tiempo de exposición (t).

$$\text{DAÑO} = K \cdot c \cdot t$$

Esta fórmula la podemos representar gráficamente, dándonos una serie de hipérbolas equiláteras que nos indicarán la variación del daño en función de la concentración (c) y del tiempo de exposición (t), según Figura I.3.

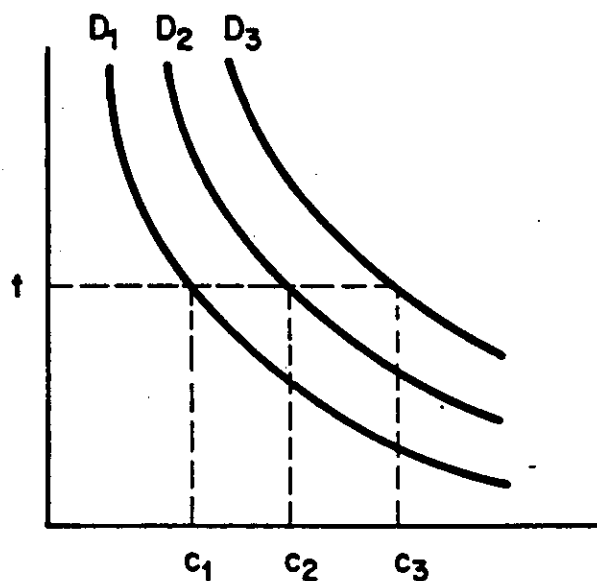


Figura I-3 CURVAS DE VARIACIÓN DE DAÑO

El tiempo de exposición se ha estandarizado universalmente como 8 horas diarias y 40 semanales, de forma que prácticamente todos los estudios que se hacen así como todos los valores referencia establecidos, admiten este tiempo de exposición invariable. Por lo tanto, y aceptando esto, tendremos como última expresión que el DAÑO

causado por un producto a un trabajador va a ser directamente proporcional a la concentración ambiental a que está sometido.(8)

$$\text{DAÑO} = K \cdot c$$



## **CAPITULO II**

### **EVALUACION DEL EFECTO TOXICO**





## II.1 EVALUACION DEL EFECTO TOXICO

La evaluación del EFECTO TOXICO de una sustancia requerirá de todos aquellos mecanismos y experimentos que puedan suministrar alguna información sobre los efectos adversos que ese tóxico tendrá sobre el organismo.

El PELIGRO (\*) de que un trabajador sea intoxicado por un producto presente en su ambiente laboral, vendrá determinado por el RIESGO (\*) que se quiera correr con el colectivo al que pertenece ese trabajador. La TOXICOLOGIA PREVENTIVA velará como dijimos anteriormente para que esos trabajadores realicen su labor con una SEGURIDAD (\*) tal que su salud esté perfectamente salvaguardada.

Los mecanismos de evaluación del efecto tóxico los podemos encuadrar en los siguientes apartados:

---

(\*) PELIGRO: Es la PROBABILIDAD de que una sustancia química cause un efecto adverso sobre la salud, bajo unas condiciones laborales determinadas.(9)

(\*) RIESGO: Es la FRECUENCIA esperada con que se producirán los efectos tóxicos en una población laboral.(10)

## II.2 TOXICOLOGIA EXPERIMENTAL

### II.2.1 EXPERIMENTOS CON VOLUNTARIOS HUMANOS

No hace falta recalcar que son los que nos proporcionan una información más fiable y exacta del comportamiento del organismo frente al tóxico, pero hoy en día solo en algunos casos muy concretos, y bajo una legislación muy estricta, se pueden realizar, por lo que cuantitativamente no van a tener demasiada trascendencia en toxicología experimental.

### II.2.2 EXPERIMENTOS CON ANIMALES

Es el recurso del que hay que ayudarse para sustituir al anterior. Se requiere máxima rigurosidad en el trabajo, así como ser realizado por personal con la suficiente experiencia para que los resultados sean fiables. La dificultad se presenta a la hora de extrapolar resultados a otras especies de animales, y no digamos si se hacen para el hombre. El comportamiento del organismo humano en la distribución, metabolismo y eliminación del tóxico puede estar muy lejos de lo que creemos basándonos en la experiencia animal.

---

(\*) SEGURIDAD: Es el RIESGO SOCIALMENTE ACEPTABLE de que una sustancia no producirá lesiones bajo esas determinadas condiciones laborables.(11)

### II.2.3 CURVA DOSIS EFECTO

El primer paso experimental va a tratar de obtener la respuesta individual ante el tóxico; para ello se le van suministrando a un individuo de la especie a estudiar distintas DOSIS de tóxico por la vía más apropiada, y se van observando los EFECTOS que se producen; estos serán variables y progresivamente crecientes hasta producirle la muerte en la mayoría de los casos. Después hay que comprobar en algunos otros individuos de la misma especie que se producen efectos al menos cuantitativamente similares.

De esta forma obtenemos la llamada CURVA DOSIS-EFECTO, que será similar a la de la Figura II.1

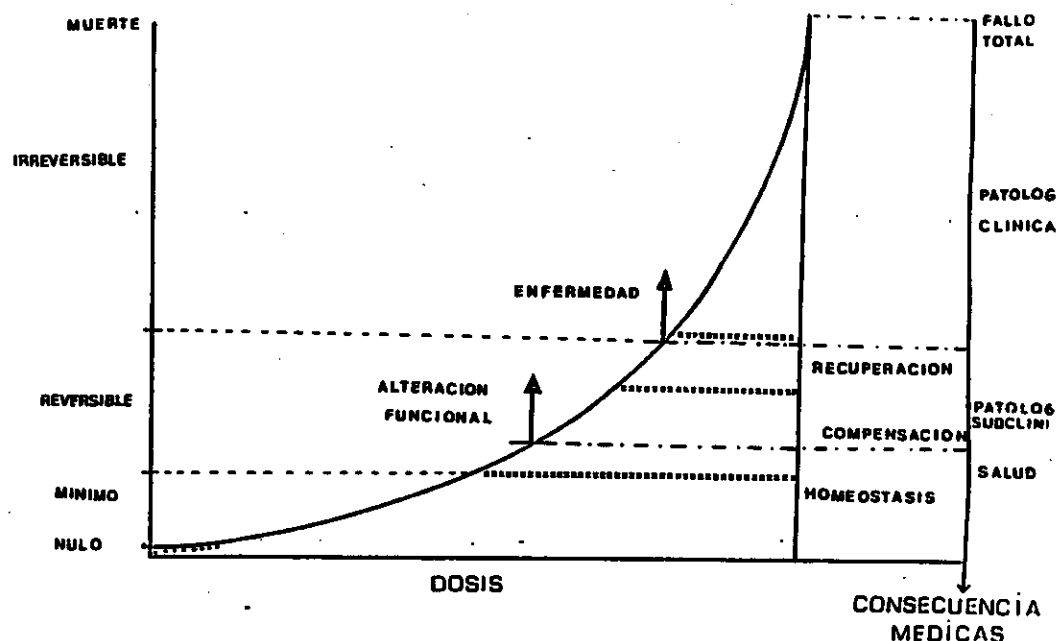


Figura II-1 CURVA DOSIS - EFECTO

#### II.2.4 TIPOS DE DOSIS

Como se ve en estas experiencias, se utilizan los mismos parámetros que en otras ciencias experimentales, por lo que vamos a recordar y delimitar los distintos tipos de DOSIS.

DOSIS EXTERNA: También denominada INTAKE, es la cantidad de tóxico que de forma efectiva alcanza la vía de entrada en el organismo. Como la mayoría de los tóxicos laborales van a penetrar por la vía respiratoria, no toda la cantidad de tóxico que entra alcanza el organismo, ya que una pequeña cantidad de él sale en la espiración; esta será más o menos importante según la volatilidad del tóxico, e incluso se ha llegado a utilizar como índice de la cantidad de tóxico inspirado.

DOSIS INTERNA O UPTAKE: Es la cantidad de tóxico realmente incorporado o absorbido por el organismo.

Una vez el tóxico ha alcanzado el organismo, se distribuirá por todo él, pero no en la misma concentración en todas las partes del mismo. Con el fin de poder estudiar esta distribución, necesitamos imaginarnos el organismo como una serie de compartimentos distintos (sangre, huesos, tejido adiposo, lengua, etc...), y que entre ellos se producen unos intercambios que dependerán de las concentraciones del tóxico y de la naturaleza del compartimento, asemejándolos lo más posible al intercambio

de partículas entre distintos medios físicos.

Son frecuentes los estudios sobre intoxicaciones de individuos producidas al adelgazar de forma considerable, ya que el tóxico almacenado en el tejido adiposo es liberado a la sangre, alcanzando posteriormente los puntos de acción.

La mayoría de los tóxicos aún cuando pueden tener una acción general sobre el organismo, su actividad principal la suelen ejercer sobre un órgano o "compartimento" concreto. Así pues, DOSIS EFECTIVA es la cantidad de tóxico que va a alcanzar el "compartimento crítico" sobre el que actúa. Esta "dosis efectiva" va a depender del volumen de distribución, que en algunos casos como la sangre es fácil concretar, pero en otros muchos casos como hígado, riñón, cerebro, etc, no lo es tanto, incluso algunas veces ni siquiera el tóxico se distribuye de una manera uniforme dentro del mismo compartimento.

De cualquier forma, nos es necesario cuantificar el volumen del compartimento, por lo que se define el VOLUMEN APARENTE del compartimento como:

$$V.A = \frac{\text{DOSIS EFECTIVA}}{\text{CONCENTRACION}}$$

### II.2.5 CURVAS DOSIS-RESPUESTA

Una vez determinada y cuantificada la respuesta individual, tenemos que valorar la respuesta colectiva de una colonia de individuos de la misma especie, sometidos a los efectos del tóxico analizado.

Para valorar el POTENCIAL TOXICO de una sustancia, se suele preferir cuantificar su toxicidad aguda, es decir, de todos los efectos que el tóxico pueda tener sobre el individuo, elegimos alguno de los que tenga una respuesta rápida.

Definimos la DOSIS EFECTIVA del 50% (DE50) como aquella cantidad de tóxico para la que la alteración que hemos determinado analizar, afecte al 50% de la población estudiada. En el caso extremo de que el efecto cuantificado sea la muerte, se denomina DOSIS LETAL del 50% (DL50).

Generalmente los tóxicos van a penetrar por la vía respiratoria; en este caso en vez de dosis vamos a definir las CONCENTRACIONES EFECTIVAS Y LETAL del 50% (CE50 y CL50).

Las curvas DOSIS-RESPUESTA se determinan suministrando una determinada DOSIS del tóxico evaluado a una colonia de individuos de la misma especie, y observando cuantos de ellos tienen la RESPUESTA prefijada anteriormente. Esta respuesta como vimos, puede variar

desde lesiones leves hasta la muerte, pero ha de ser determinada clara y concisamente. Seguidamente se van aumentando las dosis de tóxico y se observa cuantos individuos tienen en cada una de ellas la respuesta esperada.

Las curvas responden ala forma representada en la Figura II.2; como se observa, la curva DOSIS-RESPUESTA es una típica curva GAUSSIANA en la que la mayoría de los individuos que podríamos considerarlos "normales" presentan una respuesta comprendida entre las  $\pm 2\sigma$  de la DOSIS central (DE50). Un pequeño grupo serian HIPERSENSIBLES al tóxico y responderian a pequeñas dosis, y otro pequeño grupo serian HIPOSENSIBLES, y sólo lo harian a concentraciones relativamente altas.

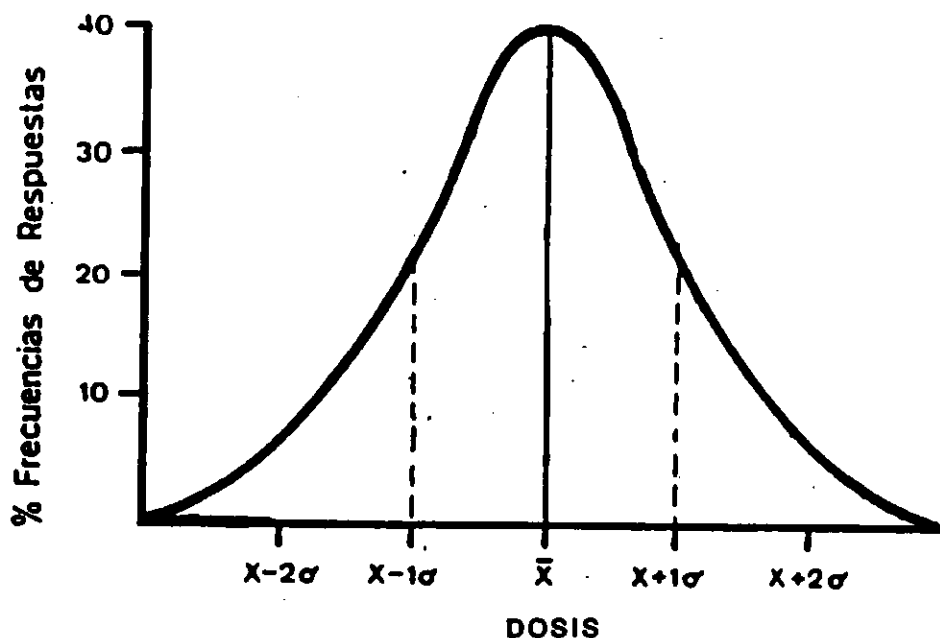


Figura II-2 CURVA DOSIS - RESPUESTA



Si el tóxico tiene unos efectos agudos muy pronunciados, casi todos los individuos tendrán la misma respuesta a dosis similares, por lo que la curva sería muy estrecha y afilada; por el contrario, si el efecto no es muy agudo, los individuos tendrán mayor margen de respuesta, y la curva será ancha y aplanada.

Frecuentemente interesa más saber cuantos individuos van a responder a una determinada dosis, o lo que es lo mismo, a esa dosis y todas las inferiores. Por ello se suelen representar las curvas DOSIS-RESPUESTAS ACUMULADAS; como se puede observar en la Figura II.3, estas curvas tienen una forma asimétrica, ya que el incremento de la respuesta no viene dado en la misma proporción que el de la DOSIS.

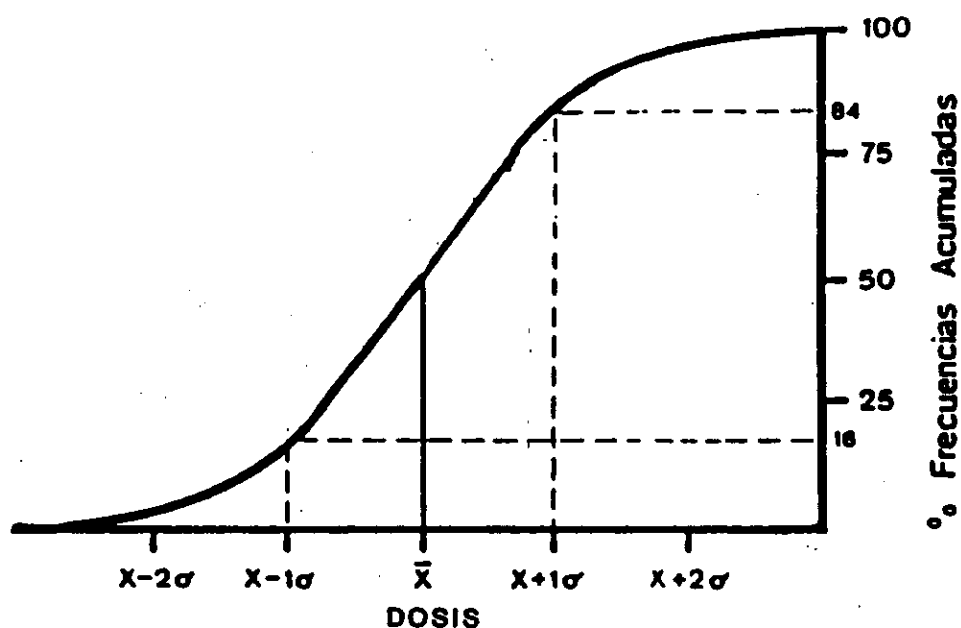


Figura II-3 CURVA DOSIS - RESPUESTAS ACUMULADAS

Lógicamente habrá una dosis por debajo de la cual no responde ningún individuo (DEm), otra para la que lo hacen la mitad (DE50), y otra para la que todos los individuos presentan el efecto estudiado (DE100).

Con el fin de facilitar el tratamiento matemático de estos procesos, en vez de la curva anterior se suele preferir una representación SEMILOGARITMICA de la misma, en la que en vez de las DOSIS se toma como puntos los LOGARITMOS de las DOSIS (Figura II.4)

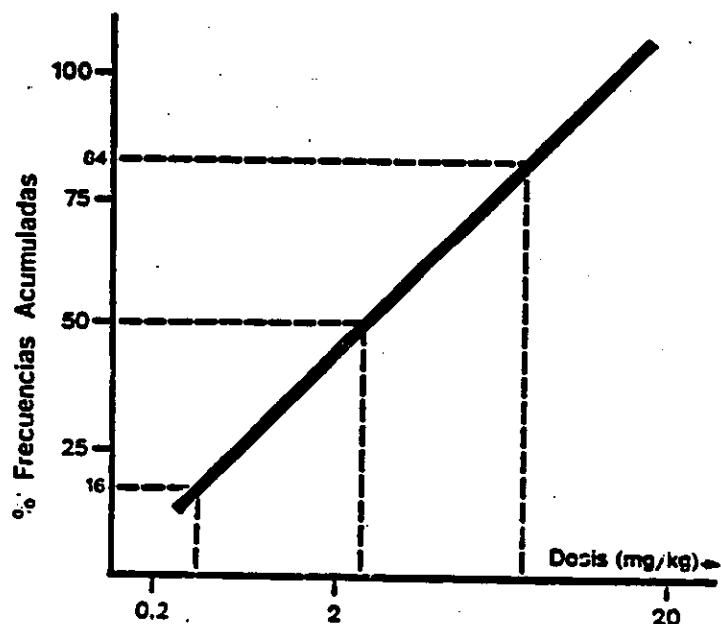


Figura II-4 CURVA SEMILOGARITMICA

De esta forma la parte central de la curva puede ser sustituida por una recta sin que se tenga que asumir un error significativo, facilitando como dijimos, su calculo, ya que en este caso con 3 ó 4 puntos se puede definir la

recta, por lo que se reducen considerablemente el número de experimentos.

Hay otra forma de realizar la transformación de la curva en una recta. Para ello hemos de aceptar que debido a su sensibilidad, la distribución de los sujetos a los que va a afectar el tóxico sigue una distribución NORMAL GAUSSIANA, es decir, que su representación será muy parecida a una "Campana de Gauss" (Figura II.5).

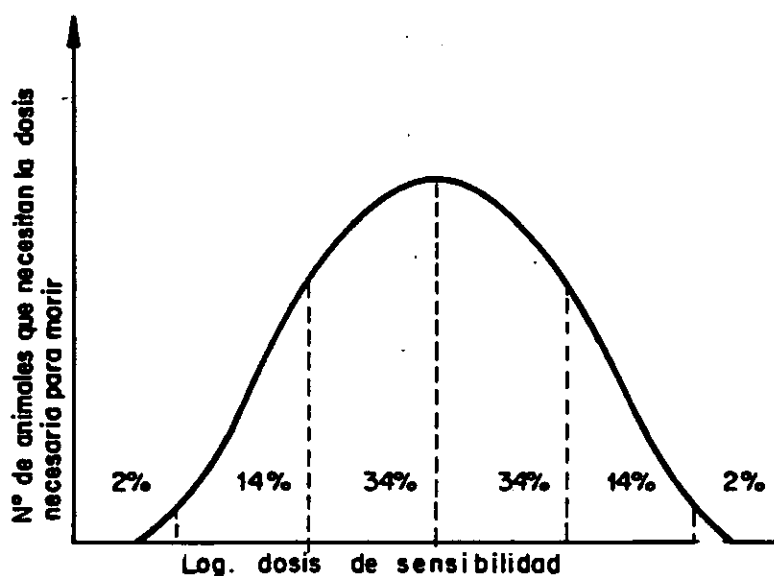


Figura II-5 DISPERSION DE LA RESPUESTA

A la distribución anterior vamos a aplicar la "Transformación Probit", en el que se instituyen los efectos sobre los individuos por "Unidades Probit" según la

tabla siguiente:

% EFECTO	DESVIACION $\sigma$	UNIDADES PROBIT
2 .....	-2 .....	3 (5-2)
16 (14+2) .....	-1 .....	4 (5-1)
50 (16+34) .....	0 .....	5 (5-0)
84 (50+34) .....	1 .....	6 (5+1)
98 (84+14) .....	2 .....	7 (5+2)

Una vez aplicada la transformación Probit, hacemos su representación frente al logaritmo de la Dosis, y la curva anterior se transforma en una RECTA.(12)

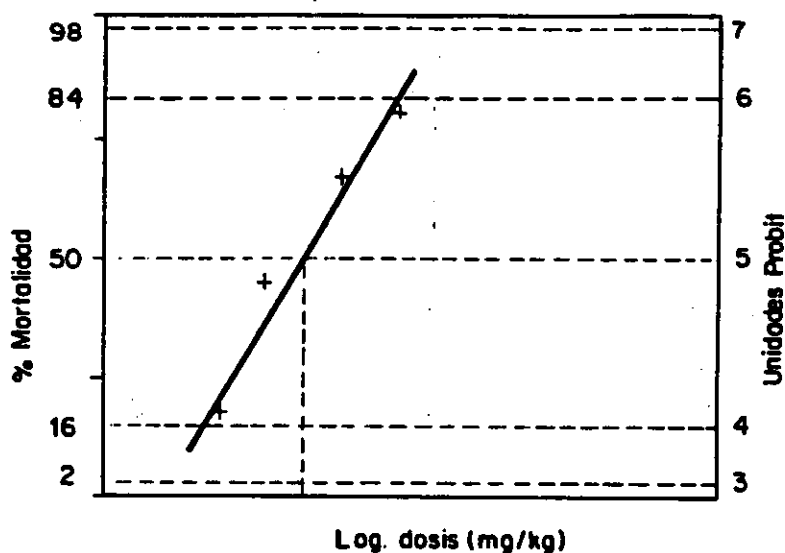


Figura II-6 TRANSFORMACIÓN "PROBIT"

Cuanto mayor es la dispersión de resultados, en función del logaritmo de la Dosis (la curva de Gauss es más aplanada), menor es la PENDIENTE de la recta, por lo que esta pendiente se puede considerar como una característica de la toxicidad de una sustancia determinada (Figura II.6).

### II.3 ESTUDIOS EPIDEMIOLOGICOS

Se trata de aprovechar toda la información que nos proporciona el hecho de que una serie de trabajadores ha estado, está o va a estar en el futuro bajo los efectos del tóxico que queremos estudiar. Así estos estudios pueden ser:

- PROSPECTIVOS.- Se programan los índices de morbilidad y mortalidad de grupos de trabajadores que van a estar sometidos durante largos periodos, de hasta 20 años, a un determinado tóxico.
- RETROSPECTIVOS.- Se comparan los índices de morbilidad y mortalidad de un colectivo de trabajadores que han estado sometidos a una concentración de tóxico conocida frente a los datos de otro colectivo no expuesto.
- SOBRE LA MARCHA.- Se observan los efectos adversos que se van produciendo en un colectivo de trabajadores, a la vez que determinamos las concentraciones ambientales a que están sometidos.

La dificultad de los estudios epidemiológicos estriba en que es difícil discernir cuáles son los efectos que produce el tóxico estudiado y cuáles se deben a otros tóxicos presentes en el medio laboral; por otra parte,

también se suman los efectos de tóxicos que se padecen fuera del ambiente laboral.

#### II.4 EXTRAPOLACION POR ANALOGIA QUIMICA

Este mecanismo de evaluación cada día este teniendo menor importancia, ya que se ha observado que aunque algunas moléculas sean estructuralmente similares, los procesos de distribución, metabolismo, acumulación y eliminación en el organismo pueden ser tan dispares que los efectos tóxicos que de ellos se derivan no tengan por qué parecerse.

#### II.5 NORMAS INTERNACIONALES DE ENSAYOS DE TOXICIDAD

Como ocurre en otros campos, aunque existe una legislación muy completa publicada por la CEE y OCDE para evaluar la toxicidad de un producto antes de comercializarlo, dudamos que se lleguen a cumplir estrictamente estas normativas en la totalidad de los casos.

### **CAPITULO III**

### **CONTROLES DE EXPOSICION**





### III.1 ACTUACION PARA ESTABLECER UN CONTROL DE EXPOSICION

Hasta ahora hemos creado el ambiente en el que se desenvuelven los responsables de la Salud Laboral de una Empresa. Pero su gran problema se presenta en el momento en que se DEBE definir el control de la exposición a la que van a estar sometidos los trabajadores. Hay que definir con la mayor claridad y rigor posibles los niveles de concentración ambiental que no se deben de sobrepasar nunca (niveles máximos permitidos) y aquellos niveles de concentración a los que hay que empezar a tomar medidas higiénicas y de protección personal para que no se alcancen los primeros (niveles de acción). De la misma manera, habrá que definir los distintos niveles de concentración en fluidos biológicos a los que nunca se puede llegar porque frecuentemente se producen lesiones irreversibles (concentraciones máximas permitidas), y otros más bajos (niveles de acción) a los que empezamos a tomar medidas preventivas para que no se produzcan tales consecuencias.

Por desgracia, las pautas a seguir a la hora de establecer estos niveles no estan muy claras para la mayoria de las sustancias, y dada la diversidad de opinión de los distintos organismos científicos u oficiales al respecto, lo más normal es que en cada Empresa, en función de sus propias características de producción y del personal laboral, sea el equipo responsable de Salud Laboral el que tenga que establecer SUS PROPIOS NIVELES, después de

barajar toda la información que haya podido recabar referente a la toxicidad de ese producto.

En primer lugar, se analizará todo lo referente a "INVESTIGACION TOXICOLOGICA" de esa sustancia, tanto en su aplicación experimental sobre animales, como aquellas "ENCUESTAS EPIDEMIOLOGICAS" que se hayan publicado sobre sus efectos en el hombre.

Habrá que recopilar los suficientes datos sobre niveles ambientales medidos en Empresas de la misma producción que la nuestra, si los hubiera, o de Empresas con procesos industriales lo más similares posible.

Con todo lo anterior estaremos en condiciones de intentar establecer la relación que hay entre los distintos niveles de exposición a los que estan sometidos los trabajadores, y la magnitud de los efectos que ese tóxico les va a producir. Una vez llegado a este punto, tendremos "el conjunto de conocimientos que nos van a permitir definir los NIVELES ADMISIBLES".

Estos NIVELES han de ser claros y concisos en los dos campos fundamentales:

- a) Concentraciones máximas admisibles en el ambiente de trabajo.
- b) Concentraciones máximas admisibles en los fluidos biológicos mas característicos.

Podríamos decir que aquí se terminó el trabajo del toxicólogo, pero no así para el equipo responsable de la Salud Laboral, ya que el Departamento de Prevención ha de poner en marcha todos los medios a su alcance para respetar y en ningún caso sobrepasar estas recomendaciones, tratando siempre de que los procedimientos laborales sean los adecuados, y que los sistemas de aireación, extracción y protección personal sean lo suficientemente efectivos como para que se consiga el fin último de todo este esfuerzo: "mantenimiento de la salud del trabajador".

### III.1.1 CONTROL AMBIENTAL

Con relación a los Niveles recomendados en ambientes laborales a efectos de prevención de los riesgos para los trabajadores debido a la acción de agentes tóxicos, no hay plena uniformidad en todos los países.

Como dijimos anteriormente, algunos establecen legalmente sus propios Niveles, pero en general se siguen los consejos de ciertos organismos científicos que definen los suyos, aún cuando solo tengan carácter científico e informativo.

La OMS ha decretado unos criterios para tratar de evitar el "EFECTO ADVERSO A PREVENIR":(13)

- Efectos que indican el estado inicial de una dolencia clínica.
- Efectos que no son fácilmente reversibles e indican una disminución en la capacidad del cuerpo para mantener la homeostasis.
- Efectos que aumentan la susceptibilidad del individuo a los efectos nocivos de otras influencias ambientales.
- Efectos que provocan el desplazamiento fuera del margen "normal" de parámetros importantes, considerados como indicadores iniciales de una disminución de la capacidad funcional.

- Efectos que indican cambios bioquímicos y metabólicos importantes.

La mayoría de los países del mundo y la casi totalidad de los denominados "occidentales", entre ellos España, están estableciendo con un carácter legal estos Niveles Máximos Permitidos, de una manera progresiva en los últimos años, pero casi siempre siguiendo los criterios de la ACGIH, que publica anualmente sus VALORES LIMITE UMBRAL ó TLV's (Threshold Limit Values) que analizaremos posteriormente.

#### III.1.1.1 VALORES MAXIMOS PERMITIDOS

Siguiendo las directivas de la CEE, prácticamente la totalidad de los países de nuestro entorno están estableciendo sus propios valores máximos permitidos. Algunos otros, como EE.UU, Alemania o Rusia fueron pioneros en establecer estos niveles, y siguen teniendo en la actualidad sus propios criterios. De cualquier forma, los Niveles Máximos Permitidos más importantes a nivel mundial son los siguientes:

##### III.1.1.1.1.- "Permissible Exposure Limits" (PEL)

Los Límites Permitidos de Exposición fueron publicados por primera vez en 1971 por la OSHA (\*) y tienen carácter legal en EE.UU. Basados en los TLV's de la ACGIH, introducen algunas modificaciones sustanciales, y hacen referencia a una exposición de 8 horas al día.(14)

#### III.1.1.1.2.- "Maximale Arbeitsplatz Konzentration" (MAK)

Concentraciones Máximas Admisibles, publicadas desde 1969 por la Deutsche Forschungsgemeinschaft" de la República Federal Alemana, tienen caracter legal para Alemania; se refieren a una exposición de 8 horas al día y se establecen cinco niveles en función del valor de la concentración, duración y la frecuencia de la exposición durante la jornada laboral.

#### III.1.1.1.3.- "Valores Limites de Exposición" (MAC)

Se publican en Rusia desde 1977 en la norma GOST 12.1005-76 con caracter legal, aún cuando siempre se dudó de que realmente se aplicaran en sus industrias y las de los países socialistas. Tienen caracter de concentraciones máximas instantáneas y son en general más estrictas que las demás listas, ya que los criterios de salvaguardar la salud de los trabajadores también lo son.

#### III.1.1.1.4.- Directivas de la CEE

Mediante estas Directivas, la CEE pretende preservar la salud de los trabajadores que manipulan

---

(\*) OSHA: "Occupational Safety and Health Administration". Es un organismo creado en 1971 por el Departamento de Trabajo de EE.UU para llevar a cabo junto con su organismo asesor NIOSH la ley Williams-Steiger "Occupational Safety and Health Act" firmada en 1970 por el presidente Nixon.(15)

ciertas sustancias. De momento se han establecido Directivas para: Cloruro de Vinilo Monómero, Plomo, Amianto, Benceno. Se encuentra en estado avanzado la modificación de la denominada Directiva Marco por la que se establecen Niveles Máximos Permitidos para una centena de sustancias. En general, por lo publicado hasta la fecha, hay una mezcla entre referencias a 8 horas por día y a 40 horas por semana.

---

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional para la Seguridad e Higiene del Trabajo). Es un organismo que depende del Departamento de Salud, Educación y Bienestar Social de EE.UU. Dentro de los fines del Departamento que son la evaluación de riesgos y determinación de toxicidad de las sustancias, producir criterios mediante los cuales puedan establecerse normas para sustancias tóxicas y agentes físicos, recopilación de estadísticas sobre seguridad y salud, etc, el NIOSH ha establecido programas de investigación en toxicología, análisis químicos y procedimientos de medida de agentes físicos, psicología, ergonomía y epidemiología de un amplio sector de industrias.

Estos programas tienen como fin inmediato el desarrollo o modificación de criterios por parte del Departamento de trabajo.(16)



#### III.1.1.1.5.- Concentraciones Máximas Permitidas (CMP)

Son los niveles que con caracter legal se establecen en ESPAÑA segun Anexo 2 del Decreto 2414/61 de 30 de Noviembre, por el que aprueba el Reglamento de Actividades Molestas, Nocivas, Insalubres y Peligrosas. Posteriormente se estan publicando Reglamentos específicos como el del Plomo y Amianto, adaptando las Directivas de la CEE. Los CMP se suelen entender como Niveles Instantáneos que no se deben superar nunca, lo cual puede ser válido para los tóxicos con efecto agudo, pero carece de sentido para aquellos que lo tienen crónico después de un periodo largo de exposición.

#### III.1.1.1.6.- LIMIT VALUES (LV's)

Publicados por el Ministerio de Trabajo a través de "Circulares" desde 1982, tienen caracter legal en FRANCIA, y van sustituyendo progresivamente a los de la ACGIH. La última lista de Valores Limite fué publicada por el INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) en 1987 junto con los valores de la ACGIH (TLV), los MAK de Alemania y los MAC de Rusia. (Cahiers de notes documentaires. Nº 129 - 1987, nota ND 1653-129-87).

#### III.1.1.1.7.- LIMIT VALUES (LV's)

El organismo encargado de fijar estos Valores Limites para GRAN BRETAÑA con caracter legal es la "Health and Safety Commission" y la última relación actualizada de valores ha sido publicada por el "Health and Safety Executive" con el título "Guidance Note EH 40/87 Occupational Exposure Limits".

#### III.1.1.1.8.- VALORES LIMITE DE EXPOSICION

Se publican en SUECIA con caracter legal por la "National Board of Occupational Safety and Health". La última lista aparece con la denominación "Ordinance AFS 1987:12".

#### III.1.1.2 THRESHOLD LIMIT VALUES (TLV's)

##### VALORES LIMITE UMBRAL

Los TLV publicados anualmente por la ACGIH indican concentraciones de sustancias en el aire, por debajo de las cuales se cree que la MAYORIA de los trabajadores pueden exponerse repetidas veces, día tras día, sin tener alteraciones DETECTABLES. No obstante, dada la gran susceptibilidad de cada persona, puede haber algunas que a esas concentraciones, o incluso menores, presenten incomodidades, y un número pequeño puede llegar a tener efectos más adversos, normalmente debido a la predisposición de la persona.

---

(\*) ACGIH: "American Conference of Governmental Industrial Hygienists". La "Conferencia Americana Gubernamental de Higienistas Industriales" es una asociación profesional (no un organismo oficial del Estado) con socios de todo el mundo, creada en 1938 por un grupo de Higienistas Industriales Gubernamentales con el fin de disponer de un medio para el intercambio de ideas y experiencias y la promoción de normas y técnicas de higiene industrial.(17)

De cualquier forma es la propia ACGIH (\*) la que delimita los criterios a la hora de aplicar los TLV que son sumamente estrictos.

"Estos límites están destinados a ser utilizados en la práctica de la higiene industrial como directrices o recomendaciones para el control de riesgos potenciales para la salud y no para ningún otro uso como, por ejemplo, para la evaluación o control de las molestias de la contaminación atmosférica para la comunidad, la estimación del potencial tóxico de la exposición continua e ininterrumpida u otros periodos de trabajo prolongados, como prueba de la existencia o inexistencia de una enfermedad o un estado físico, o su adopción por países cuyas condiciones de trabajo sean distintas de aquellas que se dan en los Estados Unidos de América y cuando difieran las sustancias y los procesos. Estos límites no son líneas definidas de separación entre la concentración segura y la peligrosa, no son índices relativos de toxicidad, y tampoco deben ser usados por nadie que carezca de formación en materia de higiene industrial.(18)

Debido a la gran variedad de los efectos que tienen los productos tóxicos, se han establecido distintos tipos de TLV's en función de que aquéllos sean más o menos agudos.

#### III.1.1.2.1 TLV-TWA.- LIMITE DE EXPOSICION

##### MEDIA PONDERADA EN EL TIEMPO

Concentración ambiental promediada para una jornada de 8 horas diarias y 40 horas semanales, a la cual pueden estar sometidos la MAYORIA de los trabajadores sin padecer efectos adversos.(19)

#### III.1.1.2.2 TLV-STEL.- LIMITE DE EXPOSICION

##### PARA CORTOS PERIODOS DE TIEMPO

Concentración a la que pueden estar expuestos los trabajadores, durante un corto espacio de tiempo sin sufrir irritación, cambio crónico o irreversible en los tejidos o narcosis importante. No es un límite de exposición separado e independiente sino un complemento de la media ponderada en el tiempo (TWA).

Se define como la exposición media ponderada en el tiempo durante 15 minutos que no debe sobrepasarse en ningún momento de la jornada, aunque la media ponderada en el tiempo durante las ocho horas sea inferior al TLV-TWA. Las exposiciones STEL no deben superar los 15 minutos y no deben repetirse más de 4 veces al día, existiendo un periodo mínimo de 60 minutos entre sucesivas exposiciones al STEL. Puede recomendarse un periodo de exposición distinto de 15 minutos cuando ello esté avalado por efectos biológicos observados.(20)

### III.1.1.2.3 TLV-C.- LIMITE DE EXPOSICION VALOR TECHO

Concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento de la jornada de trabajo. En la práctica convencional de la higiene industrial si no es posible realizar una medida instantánea, el TLV-C se puede fijar cuando las exposiciones son cortas mediante muestreo de 15 minutos, excepto para aquellas sustancias que puedan causar irritación de inmediato.(21)

A pesar de sus críticas y limitaciones, los TLV's son prácticamente los principales valores referencia que tiene la Toxicología, y a los que la totalidad de las personas responsables de la salud laboral adaptan sus planes de actuación dentro de las Empresas. Pero un buen programa de Prevención no se puede limitar a tener unas concentraciones ambientales que no sobrepasen estos TLV en determinados momentos, sino que se debe hacer un seguimiento continuo a lo largo del tiempo con frecuentes medidas ambientales.

Para ello hay que fijar unos NIVELES DE ACCION, que suelen ser valores fraccionarios del TLV ( $1/2$ ,  $1/3$  o  $1/5$ ) según criterio de la CEE (Directiva 8/1107) y que como ya definimos antes, al llegar a ellos se deben tomar una serie de medidas correctoras, de forma que nunca se lleguen a esos TLV, donde las consecuencias serían graves para los trabajadores y para el proceso de producción.

### III.1.2 CONTROL BIOLOGICO

#### III.1.2.1 VALORES LIMITE BIOLOGICOS

Los parámetros que van a condicionar el control biológico son los Valores Limite Biológicos (Biological Limit Values), BLV que podíamos definir como "la concentración máxima de DETERMINANTE en especímenes biológicos que puede soportar un trabajador sin riesgo demostrable para su salud o bienestar".(22)

El DETERMINANTE puede ser el propio producto analizado, sus metabolitos, o cualquier cambio bioquímico cuantificable e inducido por el tóxico que intentamos cuantificar.

Los especímenes biológicos que utilizamos para determinar el tóxico en teoría pueden ser muchos, pero por razones de comodidad, fiabilidad y posibilidad de recogida, en toxicología laboral quedan prácticamente reducidos a SANGRE, ORINA, y AIRE EXHALADO.

Con estos indicadores biológicos vamos a obtener una cuantificación directa de la exposición a la que ha estado sometido el trabajador, pero según sean las circunstancias en las que se haga su recogida, pueden medir:

- Cantidad de tóxico a la que ha estado sometido el trabajador RECIENTEMENTE. Ejemplo: plomo en sangre.
- Cantidad de tóxico ALMACENADO en determinados órganos o compartimentos. Ejemplo: Cadmio en orina para determinar el cadmio almacenado en riñón.
- Cantidad de tóxico situado en algunas zonas muy concretas donde realiza su efecto tóxico. Ejemplo: Aductos de DNA.

Asimismo, los Valores Limite Biológicos tienen diversas interpretaciones según sea LA FINALIDAD con la que se manejen:

- Como herramienta de medida de la EXPOSICION LABORAL, segun se vió anteriormente, bien sea con fines preventivos o simplemente legales.
- Como "CRIBA" de puestos de trabajo, operaciones determinadas o cualquier otra condición laboral común a un colectivo. Su efectividad será tanto mayor cuanto más estrictos sean las condiciones que pongamos para los Valores Limite Biológicos.
- Como control INDIVIDUALIZADO de la respuesta del tóxico, es decir, como VIGILANCIA MEDICA; en este último caso únicamente nos interesa el efecto que se produce en el individuo sin importarnos el medio, lugar o momento en que dicho tóxico ha penetrado en el trabajador o su mayor o menor susceptibilidad personal.

La forma de acotar estos BLV's no es muy sencilla, y cada organismo internacional tiene sus propios criterios, no siempre coincidentes con los demás. Además, para la mayoría de las sustancias no existen valores referencia con caracter más o menos legal, sino que son los propios equipos responsables de la Salud Laboral de las empresas los que después de recopilar toda la información necesaria han de establecer unos valores, que luego habrá que vigilar y revisar en función de si alcanzan o no los fines prefijados.

Parecería que lo más lógico sería que los BLV's se derivaran de un estudio directo de la relación entre DOSIS INTERNA (cantidad de tóxico en el organismo) y el EFECTO TOXICO; pero ante la dificultad de cuantificar esa dosis interna, aún a riesgo de perder precisión en la metodología, para su determinación se emplea la relación DOSIS EXTERNA (concentración ambiental) y EFECTO TOXICO, dando por supuesto que hay una relación directa entre la cantidad de contaminante en el medio exterior y la cantidad de contaminante dentro del organismo.

#### III.1.2.2 VALORES LIMITE DE LA CEE

La CEE está efectuando un gran esfuerzo para establecer un marco legal donde se clarifique el problema de la Salud Laboral. Con relación a los Valores Limite Biologicos aún su número es muy reducido. La CEE tiene fundamentalmente una intención PREVENTIVA; como mayor logro



hasta la fecha es la Directiva 809/1107/CEE, en la que se establecen todas las normas legales para la prevención de la salud de los trabajadores relacionados con el plomo. Como innovación en esta Directiva, además de los límites máximos permitidos ambientales y biológicos, se establecen unos NIVELES DE ACCION, y las medidas concretas que se han de tomar al llegar a ellos para evitar los efectos que se derivarían si llegamos a los límites máximos.

#### III.1.2.3 BIOLOGICAL EXPOSURE INDICES (BEI's)

##### INDICES DE EXPOSICION BIOLOGICOS

Establecidos por la ACGIH a partir de 1984, representan los niveles de DETERMINANTE que son más probables de observar en trabajadores sanos que han estado expuestos a compuestos químicos en el mismo grado que un trabajador con una exposición por inhalación al TLV-TWA. Los BEI's no indican una distinción definida entre las exposiciones de riesgo y no riesgo. Debido a la variabilidad biológica es posible que las medidas individuales para un determinado sujeto excedan los BEI's sin que haya un incremento de riesgo para su salud. Sin embargo, debe investigarse la causa de los valores excesivos y tomar las medidas oportunas para reducir la exposición, si los valores obtenidos en los especímenes de un trabajador en diferentes ocasiones exceden persistentemente los BEI's, o si la mayoría de las medidas obtenidas de los especímenes de un grupo de trabajadores en el mismo puesto de trabajo exceden los BEI's.

Los BEI's se aplican para exposiciones de 8 horas durante 5 días a la semana. Sin embargo, para jornadas de trabajo modificadas, los BEI's pueden extrapolarse basándose en la farmacocinética y farmacodinamia del compuesto. Los BEI's no deben aplicarse bien directamente o a través de un factor de conversión para la determinación de niveles seguros en la exposición no laboral de la contaminación del aire, agua o alimentos. Los BEI's no se proponen para usarlos como medida de los efectos adversos o para el diagnóstico de enfermedades profesionales.

Cuando se interpretan los resultados del muestreo biológico hay que considerar las diferencias intraindividuales e interindividuales que tienen lugar en las concentraciones de los determinantes tisulares aún en las mismas condiciones de exposición. Estas diferencias surgen como consecuencia de la variación en la ventilación pulmonar hemodinámica, composición del organismo, eficacia de los órganos excretores y la actividad de los sistemas enzimáticos que mediatizan el metabolismo del compuesto químico. Para reducir los efectos de todos los factores que pueden variar es necesario un muestreo múltiple. El muestreo biológico puede confirmar los resultados del muestreo ambiental pero cuando haya una discrepancia entre ambos debe revisarse cuidadosamente la situación global de la exposición y encontrarse una explicación.

A la hora de obtener resultados hay que tener controlados una serie de factores si queremos que sean representativos:

- Estado fisiológico y de salud del trabajador.
- Fuentes de exposición laboral.
- Fuentes ambientales.
- Fuentes de estilo de vida.
- Fuentes metodológicas.

La ACGIH a la vez que la lista de Valores de BEI suministra una serie de datos sumamente útiles como:

- Momento en que se debe realizar la toma de muestras.
  - Especimen más apropiado.
  - Una serie de ANOTACIONES que nos aclararán
    - Susceptibilidad de determinados grupos a ese producto.
    - Presencia del determinante en individuos no expuestos.
    - Especificidad del tóxico en el especimen
    - Interpretación ambigua de resultados.
- Los valores deben utilizarse con precaución.(23)

### III.2 CONTROL DE LA SALUD

Como resumen de todo lo anterior, un buen programa de prevención que quiera salvaguardar la salud de los trabajadores requiere tomar una serie de medidas en cada uno de los campos siguientes:

- CONTROL AMBIENTAL.- Para vigilar las concentraciones de tóxico en el medio laboral y el nivel de exposición de los trabajadores relacionándolos con unos valores referencia, que suelen ser los TLV's. Los objetivos que se pretenden conseguir con estas medidas son:

- Determinación de concentraciones ambientales.
- Eficacia de las medidas de control.
- Seguimiento de la tendencia de la contaminación ambiental.
- Recopilación de datos toxicológicos.
- Valorar la necesidad de otros controles.
- Detectar dentro de la jornada laboral los momentos de especial riesgo.
- Establecer una correlación causa-efecto.

- CONTROL BIOLOGICO.- Análisis y medidas de determinantes en fluidos biológicos como un índice directo de la exposición y riesgo para la salud; estas medidas se utilizan para determinar:

- Exposición durante largos periodos de tiempo.

- Exposición como resultado de la movilidad en el ambiente laboral.
- Exposiciones anteriores.
- Exposición global debido a la suma de todos los tóxicos.
- Cantidad de tóxico absorbida por cada individuo.

- VIGILANCIA MEDICA.- Mediante una serie de reconocimientos médicos periódicos a fin de proteger la salud de los trabajadores y evitar enfermedades profesionales.

## **CAPITULO IV**

### **POLVOS METALICOS**



#### IV.1 ABSORCION DEL POLVO

Fundamentalmente la incorporación de metales al organismo en el medio laboral es según su orden de importancia bajo las formas de aerosoles (polvos metálicos), gases y vapores.

Prácticamente la única vía que se utiliza es la inhalación respiratoria, ya que la cutánea sólo tiene cierta transcendencia en el caso de compuestos órgano-metálicos y sales metálicas de ácidos grasos, y la digestiva se considera siempre consecuencia de una mala higiene industrial o personal o mero accidente, frecuentemente por equivocación o descuido.

La cantidad de metal que se va a absorber a lo largo de las vías respiratorias hasta llegar a los alveolos se va a ver influenciada por tres procesos: la deposición, el aclaramiento mucolítico y el aclaramiento alveolar.

#### IV.2 PROCESO DE DEPOSICION

Sin ninguna duda, el mecanismo fundamental de defensa del organismo frente a la agresión de los metales es el fenómeno de deposición de partículas a lo largo del tracto respiratorio. En el caso de gases y vapores esta



deposición va a depender directamente de su solubilidad en agua, de forma que las muy solubles se disolverán rápidamente en las vías respiratorias superiores pasando al torrente sanguíneo sin llegar a los alveolos pulmonares, por lo que el efecto tóxico en el pulmón será prácticamente nulo, aunque pueden ejercerlo sobre algunos órganos críticos. Por el contrario, los poco solubles llegarán a los alveolos, y su efecto tóxico dependerá de su capacidad para atravesar la membrana alveolar.

Cuando el metal penetra en el organismo en forma de polvo metálico, la cantidad de partículas que se van a depositar en las vías respiratorias dependerá de las características físicas del aerosol (tamaño, forma y densidad de las partículas), y de los parámetros de la respiración (estado físico del aparato respiratorio, capacidad pulmonar, fumador, etc...).

Con el fin de facilitar el tratamiento y los cálculos relacionados con las partículas, se ha definido el DIAMETRO AERODINAMICO de una partícula como el diámetro de otra partícula que tenga la misma masa que la primera, forma esférica y densidad 1 g/ml. Así pues, siempre que se hable del diámetro de una partícula se entenderá que lo hacemos del "diámetro aerodinámico".

Las partículas de un aerosol tienen una distribución logarítmico-normal respecto a su diámetro, según se ve en la figura IV.1.

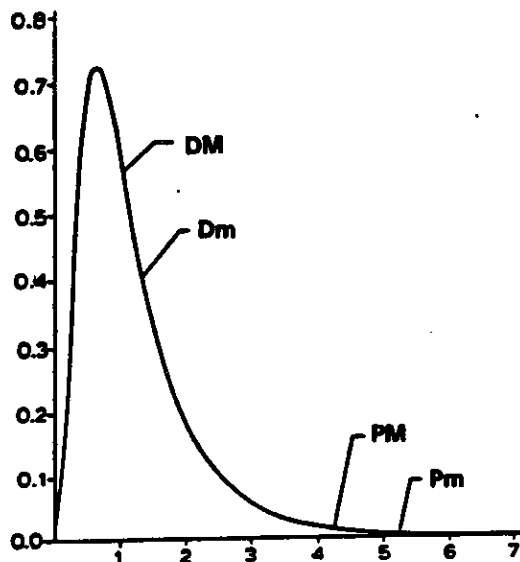


Figura IV-1 DISTRIBUCIÓN DE PARTÍCULAS

Hay que destacar la diferencia que encontramos según que nos refiramos a la media de todos los diámetros (diámetro medio) o al diámetro de la partícula de masa media.(24)

#### IV.2.1 IMPACTACION POR INERCIA

La cantidad de partículas que se van a depositar en las paredes de las vías respiratorias por este mecanismo va a depender del tamaño de la partícula (diámetro aerodinámico), pero más fundamentalmente del diámetro de las vías respiratorias por las que pasan y de los cambios de flujo y velocidad que experimente el torrente de aire inspirado.

Lógicamente este mecanismo se produce casi exclusivamente en las FOSAS NASALES y TRACTO RESPIRATORIO SUPERIOR, y se verá favorecido en aquellos lugares donde el aire circule a gran velocidad y las partículas grandes se encuentren con ángulos acusados en su camino. Por ello sólo se depositan por INERCIA partículas con un diámetro superior a 10  $\mu$ .

#### IV.2.2 DEPOSICION POR SEDIMENTACION

Las partículas pueden depositarse por SEDIMENTACION gracias al efecto de la gravedad, siendo por consiguiente su número proporcional a la densidad de la partícula y al cuadrado de su diámetro aerodinámico. Físicamente se necesita un lugar amplio, donde el aire fluya a poca velocidad, siendo la TRAQUEA y los BRONQUIOS GRANDES los lugares donde más se presenta. Mediante este mecanismo pueden sedimentar todas aquellas partículas con un diámetro superior a 0,5  $\mu$ .

#### IV.2.3 DEPOSICION POR INTERCEPCION

Por medio de este mecanismo se pueden depositar partículas que no lo hayan hecho por los anteriores y que además de tener diámetro superior a 0,5  $\mu$ , sus contornos son muy irregulares. Gracias a ellos, cuando se produce una colisión con las paredes del tracto respiratorio, sobre todo en las bifurcaciones de los bronquios y bronquiolos terminales, estas partículas son captadas y retenidas por ellos.

#### IV.2.4 DEPOSICION POR DIFUSION

Dentro del torrente de aire, al igual que en cualquier fluido a través de un conducto, se produce un movimiento browniano mediante el cual las partículas chocan contra las paredes del tracto respiratorio. El número de colisiones (o la probabilidad de colisionar) contra las paredes va a depender directamente de la velocidad con que se muevan las partículas, o lo que es lo mismo, inversamente del diámetro de las partículas. De hecho, este mecanismo de DIFUSION es el único por el que se pueden depositar todas aquellas partículas pequeñas, con diámetros comprendidos entre 0,1 y 0,2  $\mu$ .

Aquellas partículas que salven todos los impedimentos de deposición anteriores llegarán a los alveolos pulmonares. Una vez allí, según sean sus características físico-químicas, atravesarán la membrana alveolar con más o menos dificultad o incluso pueden quedar sedimentadas en los alveolos si no son capaces de hacerlo.

#### IV.3 DISTRIBUCION DEL POLVO

Según lo anteriormente expuesto, el conjunto de partículas que forman el polvo metálico las agrupamos en dos bloques:

PARTICULAS SEDIMENTABLES - Diámetro > 10  $\mu$

PARTICULAS SUSPENDIBLES - Diámetro < 10  $\mu$

Cuando en esa suspensión hay partículas de forma más o menos alargada y cilíndrica, con una relación entre su longitud y diámetro  $l/d \geq 3$  se les denomina FIBRAS, y tienen unos efectos y tratamientos muy concretos y particulares, produciendo un efecto tóxico pulmonar característico (fibras de asbesto, vidrio, etc).

Basándonos en este fenómeno de DEPOSICION vamos a definir una serie de FRACCIONES de la masa del polvo, segun sea la situación física de las vias respiratorias en que nos situemos (Figura IV.2).(25)

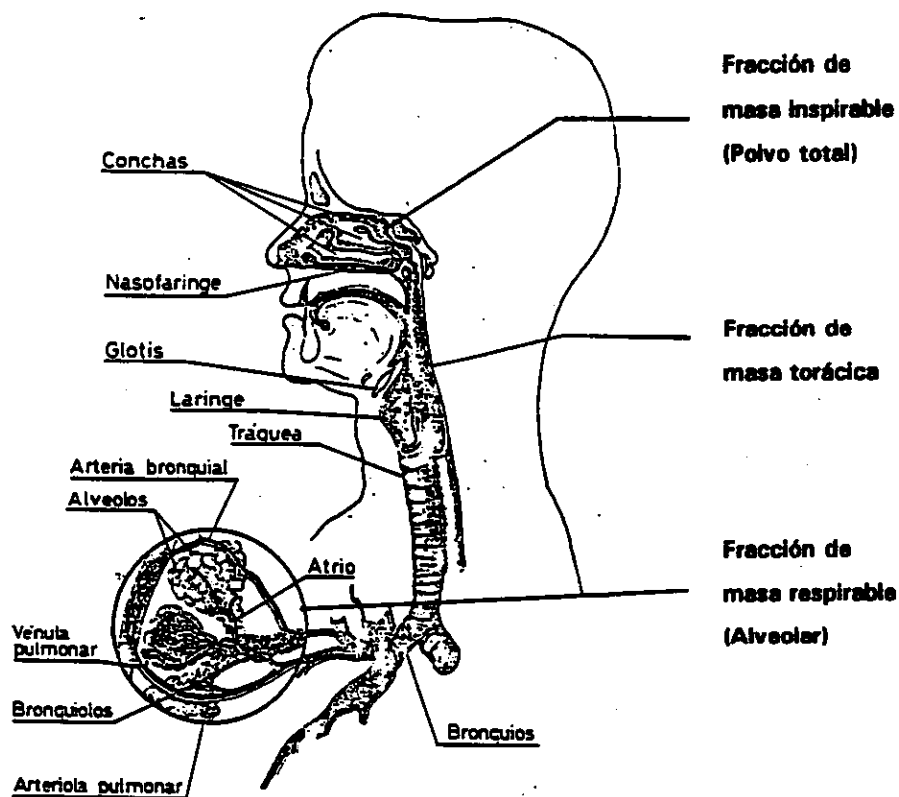
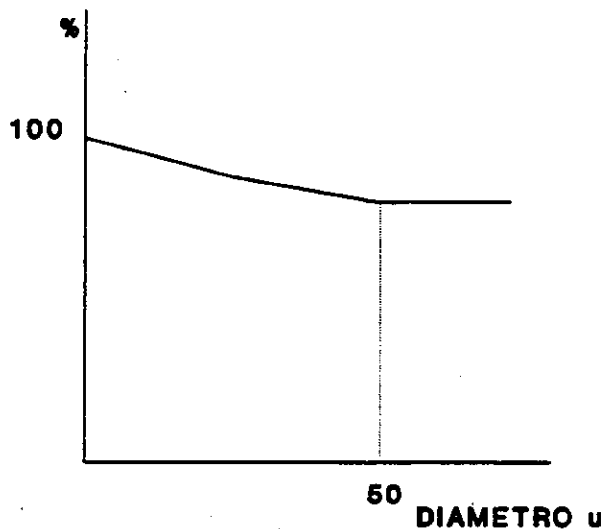


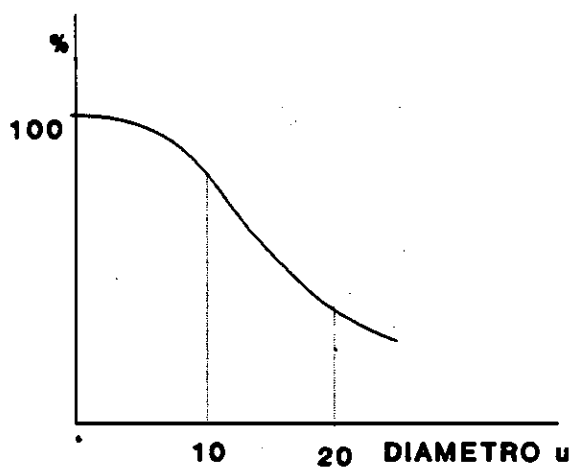
Figura IV-2 FRACCIONES DE MASA

#### IV.3.1 FRACCION DE MASA INSPIRABLE



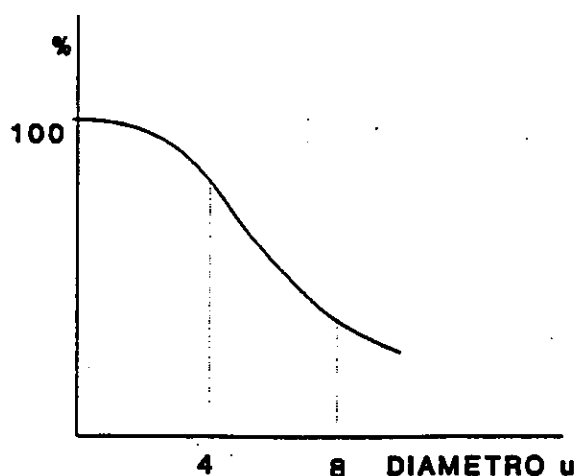
Es el conjunto de partículas que toman contacto con las vías respiratorias. Como es de suponer, prácticamente la totalidad de estas partículas pueden llegar a las vías respiratorias, al menos las de diámetros inferiores a 70  $\mu$  y no se sedimenten en la atmósfera exterior.

#### IV.3.2 FRACCION DE MASA TORACICA



Conjunto de partículas que llegan a la tráquea después de atravesar las vías respiratorias superiores. Unicamente las partículas con diámetro inferior a 20  $\mu$  serán capaces de llegar a la zona torácica, y la mayoría de ellas tendrán un diámetro inferior a 10  $\mu$ .

#### IV.3.3 FRACCION DE MASA RESPIRABLE



Conjunto de partículas que tienen la posibilidad de llegar al torrente sanguíneo por haber llegado a los alveolos pulmonares. Unicamente son capaces de llegar a los alveolos las partículas con diámetros inferiores a 8  $\mu$ , y más del 50% de ellas tienen diámetros inferiores a 4  $\mu$ .

#### IV.4 ACLARAMIENTO

Como ya hemos dicho anteriormente, el organismo va a poner en marcha todos los mecanismos de defensa de que dispone para impedir las agresiones que el agente externo (en este caso el polvo metálico) pudiera producirle.

Además de la ya mencionada deposición y siguiéndole en importancia, tenemos el ACLARAMIENTO; mediante él se intenta eliminar o "neutralizar" el mayor número de partículas y se puede realizar a dos niveles.

#### IV.4.1 ACLARAMIENTO MUCOLITICO

La mayor parte del tracto respiratorio, sobre todo el superior, esta formado por un epitelio pseudo estratificado cuyas células poseen un número considerable de cilios, haciendo que toda su pared sea como una capa ciliada. Entre estas células existen unas glándulas encargadas de segregar una sustancia acuosa bastante densa que conocemos con el nombre de moco.

Las partículas que por alguna de las formas de deposición anteriormente descritas toman contacto con las paredes de las vias respiratorias, quedan retenidas por el moco gracias a las características físicas de humedad y viscosidad.

El conjunto de cilios del epitelio tiene un movimiento continuo en sentido ascendente que hace que el moco, con todas las partículas a él adheridas, ascienda a través de todo el tracto, llegando a la faringe donde puede salir al exterior por expectoración, o más frecuentemente, por deglución introducidas en el tracto gastrointestinal, y seguir la via digestiva siendo eliminadas por las heces.

#### IV.4.2 ACLARAMIENTO ALVEOLAR

El conjunto de partículas que alcanzan los alveolos pulmonares (fracción de masa respirable) aún debe de soportar un último ataque antes de incorporarse al torrente sanguíneo y alcanzar los órganos criticos. Este



último mecanismo de defensa es el ACLARAMIENTO ALVEOLAR, y se produce fundamentalmente mediante los MACROFAGOS presentes en los alveolos. Estos macrófagos van a atacar las partículas fagocitándolas, siguiendo después uno de los procesos siguientes:

- Degradación completa de las partículas mediante los lisosomas del fagosoma.

- Transporte sin degradación desde los alveolos hacia las vias respiratorias inferiores, y luego eliminación mediante el "aclaramiento mucolítico".

- Penetración a través de la membrana alveolar y transporte sin degradación junto con algunas partículas libres hacia los linfáticos intersticiales y peribronquiales, y posteriormente retención en los ganglios linfáticos y eliminación.

#### IV.5 EFECTO TOXICO DEL POLVO

Según todo lo anteriormente expuesto, el polvo metálico va a producir un efecto tóxico en el organismo, pero sus consecuencias van a ser claramente diferenciadas según sea el lugar físico en el que se produzca.

##### IV.5.1 EFECTO TOXICO DEL POLVO DEPOSITADO

Hemos visto que una parte de las partículas de polvo absorbidas se DEPOSITAN en los alveolos pulmonares, permaneciendo allí generalmente periodos largos de tiempo, y produciendo unos efectos patológicos muy característicos

y similares en casi todos los casos. Según la gravedad de estos efectos, los polvos se van a agrupar en dos niveles distintos:

#### IV.5.1.1 Polvos propiamente pneumoconióticos o fibrogénicos

Aquellos que producen lesiones progresivas e irreversibles en el tejido pulmonar por la formación de fibras de colágeno que se fusionan y agrupan reduciendo el espacio intersticial, con la consiguiente disminución de las fibras elásticas del pulmón. Las consecuencias son una disminución de la capacidad pulmonar, predisposición a enfermedades infecciosas y a desarrollos cancerígenos. En este grupo tenemos algunas de las enfermedades profesionales más conocidas y extendidas, denominadas NEUMOCONIOSIS MALIGNAS (SILICOSIS, ASBESTOSIS, etc.).

#### IV.5.1.2 Polvos molestos o inertes

Solo producen efectos reversibles por OCUPACION de una parte del espacio pulmonar, sin ninguna alteración en las funciones pulmonares ni efectos fibrogénicos. Las enfermedades se denominan NEUMOCONIOSIS BENIGNAS y en este grupo tenemos SIDEROSIS, ESTANNOSIS, ANTRACOSIS, etc.

#### IV.5.2 EFECTO TOXICO DEL METAL ABSORBIDO

Las partículas metálicas que atraviesan la membrana alveolar pasan en su mayor parte al torrente sanguíneo, por medio del cual se distribuyen por todo el

organismo llegando a todos los órganos y produciendo un efecto tóxico cuyas consecuencias serán distintas según sea la cantidad y el tipo de metal de que se trate, y que se describen de una manera general en el capítulo siguiente.

## **CAPITULO V**

### **TOXICOLOGIA DE METALES**



## V.1 TOXICOLOGIA DE LOS METALES

Las consecuencias patológicas de los metales se van a deber a las características químicas que estos elementos poseen; así pues, desde el punto de vista toxicológico podemos definir un METAL como "un elemento que en condiciones biológicamente significativas puede reaccionar perdiendo uno o más electrones para formar un CATION, siendo esta la especie biológicamente significativa". Esta condición de CATION va a ser definitiva en el comportamiento de los metales durante los procesos de distribución (uniones a otras moléculas), metabolismo y eliminación.(26)

Normalmente el organismo necesita unas ciertas cantidades de la mayoría de los metales que se denominan ESENCIALES para el crecimiento corporal y desarrollar correctamente sus funciones fisiológicas. Entran a formar parte de la mayoría de enzimas, función homeostática, transmisión nerviosa, etc... Hasta tal punto es así que la CARENCIA de estos elementos esenciales puede tener consecuencias tan graves como su exceso o intoxicación (Figura V.1). Estos elementos necesarios son incorporados al organismo diariamente por la alimentación y la bebida.

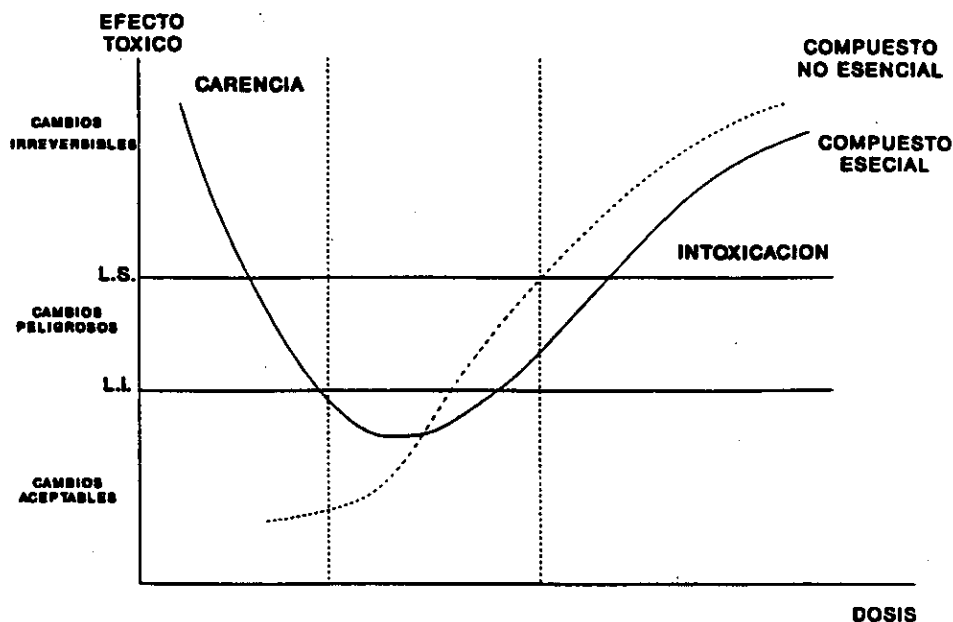


Figura V-I ELEMENTOS ESENCIALES

Acerca de los elementos esenciales ya LEIBIG en el siglo XIX y VOLSIN en el XX establecieron la ley del MAXIMO y MINIMO. Hay una cantidad máxima y otra mínima que es necesario no sobrepasar para que el desarrollo fisiológico del organismo sea el adecuado.(27)

Fuera de estos márgenes, aparecen manifestaciones patológicas por deficiencia o en el caso de TOXICOLOGIA LABORAL por INTOXICACION; pero el intentar relacionar la magnitud de esas manifestaciones patológicas con la cantidad que nos hayamos desviado es una tarea sumamente compleja, dada la gran variedad de efectos de cada uno de los metales.

## V.2 ACCION PATOLOGICA POR ACUMULACION

### V2.1 NEUMOCONIOSIS

Si el lugar de depósito de los metales es el propio alveolo pulmonar tendrá como consecuencia las distintas neumoconiosis ya descritas anteriormente.

### V2.2 DEPOSITO EN TEJIDOS Y ORGANOS

Como vimos, una parte del metal absorbido pasa al torrente sanguíneo desde el que se distribuirá al resto del organismo. La mayoría de los compuestos orgánicos se metabolizan por DEGRADACION, siendo sus metabolitos eliminados por distintas vías. En el caso de los metales, como elementos son INDESTRUCTIBLES, por lo que presentan un gran potencial de almacenamiento en el organismo, con un efecto CRONICO a largo plazo muy acentuado.

La única vía de eliminación para metales es la EXCRECION, fundamentalmente URINARIA y menor por HECES, pero la velocidad con que lo hace puede ser muy variable. Como ejemplo, el tiempo de vida media biológica para el Metilmercurio es de unos 70 días, frente al del Cadmio que está entre 10-20 años. Incluso este tiempo de vida media puede variar considerablemente para un mismo elemento según de que órgano o tejido se trate. El del plomo en tejidos es del orden de pocas semanas, frente al de los huesos que es de 10 años.



Los metales en el organismo se pueden acumular en forma libre, unidos a otros complejos metálicos o unidos a proteínas.

No necesariamente la acumulación de un metal ha de ir seguido de efecto tóxico, sino que muchas veces lo hacen de forma inerte e inofensiva. El caso antes citado del plomo en huesos es completamente inocuo y solo si por algunas condiciones fisiológicas concretas este plomo pasa de los huesos al torrente sanguíneo es posible su efecto tóxico (sin estar en una atmósfera contaminada). Otro ejemplo es el Cadmio, que mientras permanece unido a la proteína "Metalotionina" no produce ningun efecto tóxico. De todas formas se estan cuestionando constantemente los efectos a largo plazo que sobre las personas puede tener todo este tipo de almacenamiento de metales.

### V.3 ACCION SOBRE EL ORGANO CRITICO

Las consecuencias patológicas de cualquier intoxicación suelen ser generales sobre todo el organismo, por lo que es muy difícil intentar cuantificarlas como deficiencias concretas de una función determinada. Incluso la susceptibilidad individual hace que la respuesta de distintos individuos pueda ser no muy parecida.

Pero a pesar de todo, cuando los metales atraviesan las membranas alveolares y se distribuyen por el

torrente sanguíneo, además de acumularse en el organismo como vimos, llegan a los órganos o sistemas críticos donde producen el efecto tóxico. No todas las partes del organismo responden de la misma manera ante el ataque de tóxico; por ello a cada elemento, los metales en nuestro caso, se les conoce desde el punto de vista toxicológico, por los efectos más graves o característicos sobre un determinado número de órganos o partes del organismo; algunos tan acentuados que puede llegar a pensarse que solo producen ese efecto, cosa que como dijimos nunca es exacta. Estos efectos tóxicos concretos los analizaremos en el capítulo correspondiente a cada metal.

#### V.4 CARACTERISTICAS DE LOS METALES

A pesar de toda la diversidad de propiedades y consecuencias, desde el plano toxicológico hay ciertas características comunes a todos los metales.

- En general presentan una amplia diversidad de efectos patológicos, aún cuando alguno de ellos sea más acentuado.
- Todos ellos se acumulan en los distintos tejidos del organismo.
- La única vía de eliminación, al ser indestructibles, es la EXCRECION.

- Presentan una gran afinidad para unirse a las proteínas, siendo generalmente inactivos mientras permanecen unidos.
- La mayoría de ellos forman parte de las moléculas de los enzimas.
- El mecanismo de acción suele ser por "interacción competitiva" con otras moléculas, generalmente metales.
- Suelen formar complejos órgano-metálicos.
- La forma normal de unión a las moléculas es por enlace covalente-coordinado.

## **CAPITULO VI**

### **CONDICIONES DEL ESTUDIO**



## VI.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA

El presente estudio ha tenido como soporte y fundamento el trabajo realizado por un grupo de personas que durante varios años estamos desarrollando nuestra actividad laboral dentro de una Empresa, con la finalidad de mejorar, en la medida que nos es posible, las condiciones ambientales en las que los trabajadores realizan su trabajo.

Durante los tres últimos años hemos intentado efectuar este trabajo de la forma más rigurosa y organizada que nos ha ido permitiendo el desarrollo constante y diario de las actividades de los distintos gremios analizados, con la finalidad de presentar una serie de resultados y sacar todas las conclusiones pertinentes que puedan aportar alguna ayuda, por pequeña que sea, a este complejo mundo de la toxicología laboral, totalmente necesitado de cuanto apoyo se le pueda prestar.

La Empresa a la que hacemos referencia se dedica a la Construcción Naval, fundamentalmente de grandes buques para la Armada, y se encuentra situada en el Noroeste de la Península. En el momento en que efectuamos el presente estudio, contaba con una plantilla de unos 5000 personas, habiendo alcanzado en años anteriores la cifra de 8000 personas.

Que nosotros sepamos, no hay referencias de "niveles ambientales" de las actividades desarrolladas ni "valores de contaminantes en fluidos biológicos" de las personas que realizan esas actividades en Astilleros, y concretamente en nuestro caso, en unos GRANDES ASTILLEROS.

## VI.2 RIESGO DE EXPOSICION

Desde el punto de vista de contaminación ambiental y toxicología laboral, las actividades laborales que se efectúan en nuestra Empresa en general no presentan características relativamente peligrosas, pero sí que creemos que hay unos determinados colectivos "potencialmente expuestos" a algunos tóxicos, lo que nos exigirá una vigilancia y control permanentes de los ambientes en que efectúan su trabajo, y un seguimiento médico-preventivo mediante el control biológico de esas personas.

### VI.2.1 PERSONAL SIN RIESGO DE EXPOSICION

Un número considerable de personas integrantes de la plantilla lo podemos considerar con todas las garantías como PERSONAS SIN RIESGO de exposición a los tóxicos a que nos referimos en este trabajo, al menos durante el periodo de tiempo en que desarrollan su trabajo dentro de la Empresa, que va a ser el que a nosotros nos ocupa. Este grupo está constituido por personal administrativo, sala

técnica de delineación, proyectos, servicios económicos, administración de personal, servicios de salud laboral, etc, y únicamente los vamos a utilizar como valores referencia de "personas no expuestas" en relación con las de los gremios potencialmente afectados.

#### VI.2.2 PERSONAL CON BAJO RIESGO DE EXPOSICION

En un segundo grupo reunimos a todos aquellos productores que su actividad laboral en sí misma no conlleva ningún tipo de riesgo, pero frecuentemente tienen que efectuar su trabajo en locales o recintos cerrados del barco en los que puede haber ciertos niveles de contaminación por la actividad que en ese momento o en los anteriores hayan desarrollado otros gremios. Normalmente la exposición de estas personas suele ser por periodos cortos y de forma intermitente. A este grupo que consideramos CON POCO RIESGO DE EXPOSICION, y cuyos valores igualmente vamos a utilizar como referencia, pertenecen trabajadores electricistas, mecánicos, electrónicos, servicio de limpieza, forrado, etc.

#### VI.2.3 PERSONAL CON RIESGO DE EXPOSICION

Finalmente formamos un tercer grupo con aquellos gremios que consideramos tienen una actividad laboral directamente relacionada con todos o alguno de los tóxicos que vamos a analizar. A este grupo de personas, POTENCIALMENTE EXPUESTAS, es al que vamos a prestar una mayor atención, intentando medir por un lado los niveles de



contaminación de los locales en los que trabajan, y seguidamente los niveles de contaminantes en los fluidos biológicos correspondientes. Estos últimos parámetros los hemos comparado con los de otras personas expuestas a otros ambientes similares, y como ya dijimos, con los de las personas consideradas "no expuestas".

Como actividades consideradas potencialmente tóxicas para sus usuarios consideramos que en nuestra Empresa se reducen a labores de SOLDADURA en sus distintas variedades y de PINTURA, aún cuando puede haber otros con una cierta toxicidad, pero no a los agentes que estamos analizando (forrado con fibras de amianto) o que afecten a un número muy reducido de personas (calafates), y al no pertenecer a alguno de los gremios anteriores no han podido ser controlados.

### VI.3. CARACTERISTICAS DE LA ACTIVIDAD LABORAL

A pesar de haber diferenciado un grupo de trabajadores como potencialmente expuestos, creemos necesario aunque sea someramente, explicar la propia identidad del trabajo en unos grandes astilleros, ya que no tiene mucho en común con otros ambientes laborales, aún con las mismas actividades, como pueden ser las "cadenas" de producción del automóvil, minería, industrias metálicas, etc.

El grupo de personas que hemos analizado no

siempre realizan la misma actividad, sino que se pueden producir intercambios de personas entre gremios en función de las necesidades. Pero aún cuando una persona haya permanecido en una misma actividad durante un periodo largo de tiempo, puede ejercer su actividad en locales cerrados, más o menos ventilados (soldadura de bloques en talleres) durante la totalidad de la jornada laboral y así todos los días de una manera uniforme y continua. En estos casos se facilitó enormemente la toma de muestras y se pueden considerar los resultados obtenidos como representativos de esa actividad y extrapolables a otros lugares similares.

Otros trabajadores de ese mismo gremio, o alguno de los anteriores en otros momentos, van a trabajar en los propios barcos en construcción, bien en la grada, bien a flote amarrados a los muelles, o en algún barco ya entregado en obras de carenaje. En estos casos las condiciones ambientales pueden ser tremendamente variables, desde locales prácticamente estancos con mayor o menor ventilación mecánica según las circunstancias, en las zonas más profundas del barco, hasta hacerlo completamente a la intemperie en las cubiertas superiores donde nos resultó prácticamente imposible cualquier toma de muestras de la contaminación a la que estas personas están sometidas.

También hay que hacer constar que durante algunas fases de la construcción del barco, sobre todo en las medias y finales, la continuidad en un mismo ambiente laboral a lo largo de la jornada, es muy irregular y discontinua al solaparse distintas actividades o depender

unos de otros por la conclusión del programa.

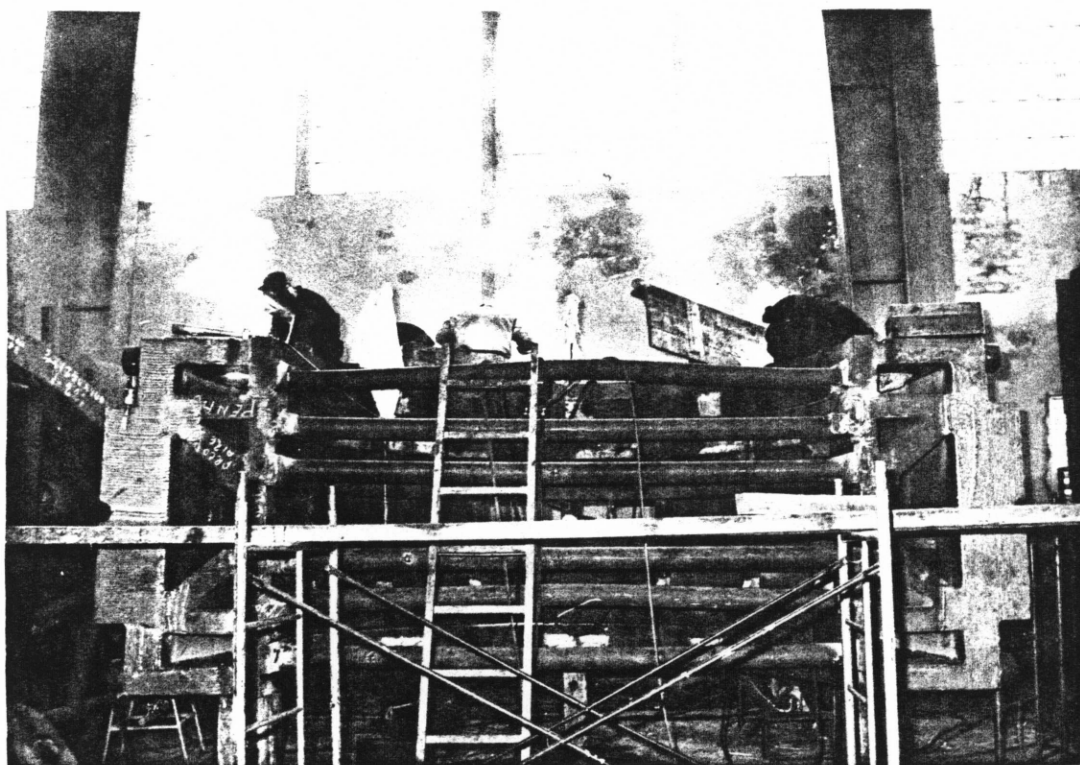
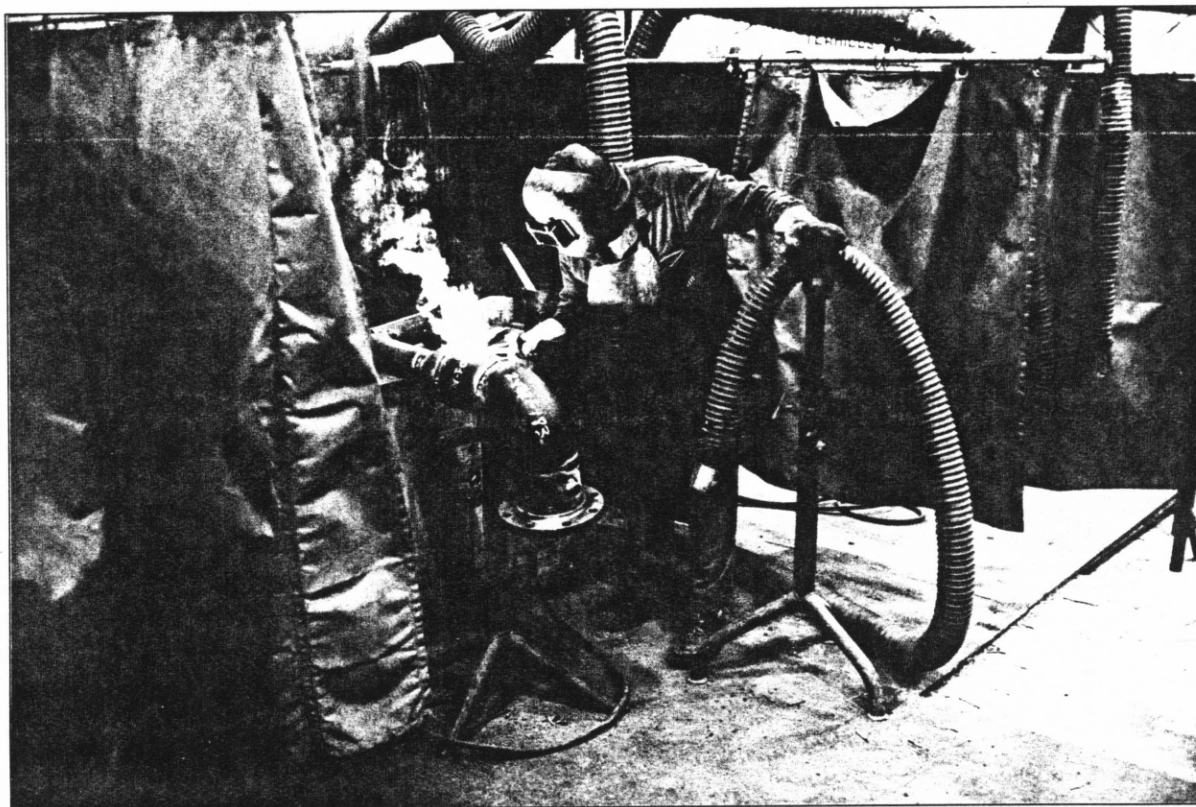
En todos estos últimos casos se nos complicó bastante el obtener las muestras de forma que fueran lo suficientemente representativas de la cantidad de tóxico que pueden absorber los trabajadores que se encontraban en esos lugares.

Todo ello nos lleva, aún cuando sea adelantarnos algunos capítulos, a ser desde el comienzo extremadamente cautos a la hora de sacar conclusiones, o lo que sería aún peor, intentar extrapolar resultados a otras circunstancias, ambientes o personas que no sean de las que tratamos en el trabajo.

#### VI.4 PLANTEAMIENTO DE UN PROGRAMA

A la hora de plantearnos el programa de analítica, hemos dado prioridad a la utilidad y servicio que desde el punto de vista de Salud Laboral podíamos prestar a los trabajadores con actividades más o menos peligrosas. Por ello hemos ido seleccionando aquellos procesos laborales y lugares de trabajo que pensamos presentan algún riesgo de exposición.

Una vez confeccionado el programa de muestreo, vamos a realizar un barrido de todos aquellos metales que sospechamos están presentes en el ambiente, y que desde el punto de vista toxicológico nos ofrecen algún tipo de



F-2 PERSONAL POTENCIALMENTE EXPUESTO



interés. En algún caso como es el de soldadura, hemos creído conveniente acompañarlos de valores de algunos vapores y gases más frecuentemente presentes.

Seguidamente se determinaron las concentraciones en fluidos biológicos de algunos metales que por su nivel de toxicidad, su interés analítico o las presumibles concentraciones que esperábamos encontrar, hemos considerado oportuno incluir en el estudio de algunos colectivos. De cualquier forma, siempre hemos de realizar este análisis de una manera más exhaustiva en el caso del plomo atmosférico laboral.

Finalmente, hemos tratado de relacionar los valores obtenidos para los trabajadores de nuestra Empresa con los de otros colectivos de personas de nuestra comarca que suponemos también están sometidos a atmósferas contaminadas por plomo, como serían los agentes municipales, trabajadores del ramo de la pintura del automovil, trabajadores de pintura de imprimación, trabajadores de fábrica de PVC, etc etc.



## **CAPITULO VII**

### **ANALITICA AMBIENTAL**





## VII.1 ANTECEDENTES

Si tratamos de hacer un pequeño balance histórico de la metodología que se ha ido aplicando para la determinación de metales en ambientes laborales, no queda mas remedio que ir repasando las distintas recomendaciones y revisiones realizadas por el anteriormente descrito NIOSH a lo largo de los años, ya que sin ninguna duda ha sido este organismo el que ha marcado la pauta en cuanto a técnicas analíticas utilizadas.

Ya en 1972 se recomienda un método para la determinación de plomo tanto en aire como en fluidos biológicos, fundamentado en el método colorimétrico de extracción con ditizona.(28)

En 1973 no obstante aparece un "procedimiento general para metales", ahora ya basado en Espectrofotometría de Absorción Atómica, y que sufría dos posteriores revisiones en el 77 y 79, quedando después de este año de una forma muy similar a la que se aplica hoy en día "Procedimiento general de metales " P & CAM 173 que describiremos posteriormente.(29)

Es curioso ver la evolución de la metodología según el NIOSH; el método colorimétrico de extracción con

ditizona siguió aconsejándolo como método oficial "puesto que los otros métodos no están suficientemente probados y experimentados". Incluso en "el criterio NIOSH" de 1978 sigue recomendándose este método por encima de la AAS que ya en estos años era, con mucho, el más seguido por todos los analistas, y que garantizaba unos resultados más fiables.(30)

## VII.2 METODOS ANALITICOS

### VII.2.1 INICIOS

Como indicamos ya, en 1973 aparece el "procedimiento general para metales en aire", al principio de una forma no muy fácil de aplicar, sobre todo porque utilizaba temperaturas muy altas. Este método va a sufrir dos revisiones en el 77 y 79, bajando considerablemente la temperatura de digestión y ya empieza el NIOSH a darle la consideración de método alternativo al de extracción con ditizona, que sigue siendo el "método oficial" del Instituto.

Este método P & CAM 173 "Procedimiento general para metales" es el que hemos seguido en todas las determinaciones de metales que se relacionan en los capítulos siguientes, ya que nos ha parecido una metodología con la suficiente fiabilidad de resultados como para poder ser admitidos con total garantía, como veremos en el siguiente capítulo de control de calidad de

aquellos metales en los que hemos podido participar (plomo y cromo).

Por otro lado este método nos ha sido de gran ayuda, ya que por las necesidades de trabajo y dificultades de obtención de muestras con el mínimo número posible de filtros, a veces una sola toma, se ha podido determinar toda una gama de metales presentes en el ambiente de ese local y en ese periodo de tiempo. Por supuesto hemos tenido que hacer un seguimiento para que los niveles de metales obtenidos no presenten interferencias, según se indica en las tablas del presente método P & CAM 173.(31)

De no haberlo hecho así, y emplear un método para cada metal determinado o grupo de metales similares, nos hubieran hecho falta tal número de muestras, que habría sido prácticamente imposible el confeccionar un programa de muestreo compatible con el normal desarrollo de la actividad laboral sin causar trastornos y dificultades a la productividad.

## VII.2.2 PROCEDIMIENTO GENERAL PARA METALES

### P & CAM 173

#### VII.2.2.1 Método NIOSH 173

En el presente apartado presentamos un resumen del anterior método del NIOSH, que es casi una transcripción de la norma HA-2122 del INSHT que, a su vez, como parece natural, esta fundamentada totalmente en dicho

#### VII.2.2.2 Preparación de muestras

Los filtros de muestras y blancos se transfieren cuidadosamente a Erlenmeyers de 125 ml previamente lavados con ácido nítrico y se adicionan 5 ml de ácido nítrico concentrado.

Cada Erlenmeyer se cubre con un vidrio de reloj y se calienta en una placa calefactora a 165°C. Aproximadamente de 3 a 4 horas son suficientes. Sin embargo nuevas adiciones de HNO<sub>3</sub> pueden ser necesarias para completar la calcinación y destrucción de elevadas cantidades de materia orgánica, necesitándose en estos casos un tiempo de tratamiento más prolongado.

Durante esta etapa las muestras no deben llegar a sequedad.

Una vez la digestión se ha completado, lo cual se aprecia por un aspecto claro y cristalino de la solución de Erlenmeyer, se retira el vidrio de reloj y se lava con 2-3 ml de solución de HNO<sub>3</sub> al 10% que se recogen en el Erlenmeyer. Los Erlenmeyers son colocados a continuación sobre una placa calefactora o a baño maría a 100°C dejándose hasta sequedad.

Cuando las muestras se han evaporado a sequedad, se lavan las paredes de los Erlenmeyers con 4-5 ml de HNO<sub>3</sub>

al 10% y se vuelven a calentar para solubilizar el residuo, a 100°C durante 5 minutos. Las soluciones son cuantitativamente transferidas a matraces aforados de 10 a 25 ml, según sea conveniente; completándose con más lavados de HNO<sub>3</sub> al 10%.

La totalidad de las muestras de metales en filtros analizados en este estudio se han preparado siguiendo estrictamente la Norma descrita, y se han determinado frente a patrones acuosos con la misma concentración de HNO<sub>3</sub>.

Se han efectuado controles de calidad externos para plomo y cromo, según se describe en el capítulo siguiente, y controles internos para los otros metales.

### VII.3 PARTE EXPERIMENTAL

#### VII.3.1 APARATOS Y MATERIAL

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica PERKIN-ELMER Mod. 4000 provisto de lámparas.
- CORRECCION DE FONDO mediante lámpara de DEUTERIO P-E incorporada al aparato.
- Cámara de grafito HGA-400 PERKIN-ELMER.
- Estufa.

- Placas calefactoras SELECTA.
- Filtros de toma de muestra de membrana de mezcla de ésteres de celulosa de 0,8  $\mu$  y 37 mm Millipore HAWP 03700.
- Micropipetas Eppendorf y NICHIRYO.
- Bombas portátiles de aspiración M.S.A. Mod. G.
- Cassettes de dos piezas y soportes para filtros de 37 mm MILLIPORE.
- Material de vidrio diverso: matraces, pipetas, vasos de precipitado, etc...

#### VII.3.2 REACTIVOS

- Acido nítrico Merck 454.
- Peróxido de hidrógeno Merck 7210.
- Patrón de metales de 1000  $\mu\text{g/ml}$ .
- Agua destilada y desionizada exenta de plomo.

#### VII.3.3 LAVADO DE MATERIAL

El material de vidrio se lavó en toda ocasión con

ácido nítrico concentrado, enjuagándose a continuación con agua corriente y agua desionizada.

#### VII.3.4 PARAMETROS INSTRUMENTALES

Para cada metal se han aplicado las condiciones que especifica el método P & CAM 173 ó en su caso, los programas que PERKIN-ELMER describe para cada uno de los metales.

Estos parámetros son:

- Longitud de onda.
- Rendija.
- Intensidad de corriente de lámpara.
- Condiciones de la llama.

#### VII.4 CARACTERISTICAS DEL METODO

##### VII.4.1 SENSIBILIDAD. "S"

Como parece que este concepto no tiene una interpretación uniforme por todos los autores, nosotros hemos preferido aplicar el concepto de la IUPAC, donde se define como "el concepto entre el incremento de absorbancia y el incremento de concentración del patrón".(33)

$$S = \frac{\Delta \text{ABS}}{\Delta C}$$



Según esta expresión, hemos representado en la tabla VII-1 las sensibilidades de nuestro método para los metales más característicos analizados.

#### VII.4.2 LIMITE DE DETECCION "L.D"

También aquí hay disconformidad de interpretación del concepto según las distintas ocasiones, pero en este caso es más cuantitativa que cualitativa. Para la mayoría de los autores se considera el límite de detección como el valor de dos veces la desviación típica de la señal de blanco.

Sin embargo la IUPAC considera el límite de detección como tres veces la desviación típica de dicha señal de blanco.(34)

Dado pues, que solo hay una diferencia cuantitativa, nosotros hemos optado por el criterio de la IUPAC, representando en la tabla VII-1 el  $L.D = 3 \sigma$  primeramente como ABS y después como  $\mu g$ , según sea la "S" del metal correspondiente.

#### VII.4.3 PRECISION Y EXACTITUD

Este apartado queda perfectamente reflejado en el capítulo siguiente para el plomo y cromo, como metales indicativos de la metodología aplicada.

## SENSIBILIDAD Y LIMITE DE DETECCION

METALES	PATRONES μg	ABSORB.	SENSIB.	ABS. 3 D E	L D μg
PLOMO	13,6 34,0 92,0	0,062 0,151 0,384	0,00410	0,003794	0,9253
CROMO	2,1 12,3 21,2	0,038 0,181 0,291	0,0134	0,006074	0,4532
MANGANESO	5,3 8,1 12,8	0,232 0,325 0,516	0,03786	0,003478	0,09187
COBRE	0,8 3,2 12,8	0,028 0,102 0,401	0,03108	0,002097	0.06747
NIQUEL	4,6 16,9 31,4	0,014 0,044 0,076	0,00231	0,004527	1,9597
HIERRO	0,7 3,5 13,4	0,029 0,109 0,387	0,02818	0,004289	0,1522
ALUMINIO	2,2 8,5	0,064 0,225	0,0460	0,002097	0,04558
ZINC	0,5 2,0	0,083 0,400	0,2113	0,005147	0,02435

Tabla VII-1



## **CAPITULO VIII**

### **PROGRAMA PICC - MET**



#### VIII.1 INTRODUCCION

Durante los dos últimos años hemos participado en el PROGRAMA INTERLABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA METALES EN AIRE (PICC-MET) perteneciente al I.N.S.H.T. y que, con la finalidad de mejorar las mediciones ambientales en las industrias potencialmente peligrosas para los trabajadores, pone al alcance de todos los laboratorios inicialmente para el plomo y cromo como únicos metales.

#### VIII.2 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

El programa consiste en el envío de una serie de muestras consistentes en FILTROS DE ESTERES DE CELULOSA tipo AAW PO3700 (MILLIPORE) de 37 mm de diámetro a los que se les ha añadido una cantidad determinada de metal.

Los resultados de todos los laboratorios participantes se procesan mediante un programa de cálculo bajo las siguientes condiciones:

##### VIII.2.1 RESULTADOS ACEPTABLES

La ACEPTABILIDAD de resultados se ha establecido en  $\pm 3$  desviaciones estandard, eliminándose todos aquellos que se desvían de dicho intervalo.

### VIII.2.2 RESULTADOS EXACTOS

En el caso de que el conjunto de resultados aceptados presente un coeficiente de variabilidad superior al 12%, prefijado hasta la fecha para este programa, se aplica el TEST DE WINDSOR indicándose aquellos laboratorios con resultados anormales (OUTLIERS), bien por ser inferiores al intervalo (BA) o superiores (AL).

### VIII.2.3 INTERVALO DE VALORES

Se ha procurado que los valores de las distintas muestras enviadas sean de magnitudes similares a las que se pueden encontrar en las mediciones atmosféricas laborales, es decir:

PLOMO.- Intervalo de 10 µg a 100 µg por filtro

CROMO.- Intervalo de 5 µg a 60 µg por filtro

## VIII.3 ANALISIS DE RESULTADOS

### VIII.3.1 PLOMO

#### VIII.3.1.1 CONDICIONES GENERALES

En la tabla VIII-1 se indican las condiciones generales en cuanto al número de laboratorios participantes en el análisis de cada muestra, si fué o no necesario aplicar el test de Windsor por tener un C.V superior al 12%

# PROGRAMA PICC - MET del I.N.S.I.T.

## Filtros de Plomo

### RESUMEN

MUESTRA Nº	LABORATORIOS PARTICIPANTES	TEST DE WINDSOR	OUTLIERS	LABORATORIOS ACEPTADOS
1	30	SI	1BA	29
2	30	SI	1A	29
3	30	SI		30
4	30	SI		30
5	33	SI	1AL	32
6	33	SI	2BA	31
7	33	SI	1BA 1AL	31
8	33	SI	1BA	32
9	32	SI	1BA	31
10	32	SI		32
11	32	SI	2AL	30
12	32	SI	2AL	30
13	36	NO	1AL	35
14	36	NO	1BA	35
15	36	SI	1A1	35
16	36	SI	1AL	33

Tabla VIII-1





# PROGRAMA PICC - MET del I.N.S.H.T.

## Filtros de Plomo

### PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

TODOS LOS RESULTADOS		TEST DE WINDSOR		MEDIDA DEL LABORATORIO	DESVIACIÓN STANDARD	ERROR EN D.S
- X	C.V	- X	C.V			
49,0	16,3	50,0	12,7	53,0	6,34	+ 0,47
44,0	34,8	42,0	11,9	42,5	5,00	+ 0,10
65,0	14,2	65,0	13,8	66,5	9,00	+ 0,17
22,0	15,6	22,0	14,7	20,5	3,17	- 0,48
25,0	22,1	25,0	19,6	23,5	4,83	- 0,31
55,0	15,8	55,0	15,3	59,0	8,33	+ 0,48
33,0	17,8	33,0	14,4	30,5	4,67	- 0,54
66,0	13,9	67,0	10,7	60,0	7,17	- 0,98
75,0	21,2	73,0	9,3	60,5	6,83	- 1,90
40,0	17,0	40,0	16,7	43,0	6,67	+ 0,45
20,0	88,8	18,0	25,0	18,0	4,50	0,00
51,0	16,9	51,0	15,2	52,5	7,83	+ 0,19
53,0	10,0			52,0	5,34	- 0,17
63,0	10,7			60,0	6,66	- 0,45
24,0	21,7	23,0	13,7	23,0	3,17	0,00
36,0	18,4	36,0	13,7	35,0	4,83	- 0,21

Tabla VIII-2



como dijimos y el número de laboratorios aceptados después de eliminar los OUTLIERS.

### VIII.3.1.2 RESULTADOS PARTICULARES

En la tabla VIII-2 se han representado la media de todos los resultados aceptados y su coeficiente de variación (C.V). Como dijimos anteriormente, si este es superior al 12% se aplica el T. de W, volviendo a recalcular la media y C.V de los valores que permanecen. Por cada muestra se indica nuestra medida y el error cometido en unidades de "desviación standard".

Los valores se han calculado según las expresiones:

$$\text{- Valor medio} \quad \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\text{- Desviación standard} \quad D.E = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$\text{- Coeficiente de variación} \quad C.V = \frac{D.E}{\bar{x}} \cdot 100$$

$$\text{- Error} \quad E = \frac{x_i - \bar{x}}{D.E}$$

#### VIII.3.1.2.1 Precisión

La precisión de las medidas del conjunto de laboratorios con resultados considerados "exactos" se indica por el C.V, siendo sus intervalos entre el 9,3% y el 25%.

#### VIII.3.1.2.2 Exactitud

La exactitud de nuestro método respecto al valor medio de cada muestra que vamos a considerar es el más cercano al valor real. La hemos representado en la Figura VIII-1 en función del error cometido en unidades de D.E respecto al valor medio para cada muestra. Este error tiene unos extremos de +0,48 D.E y -1,90 D.E mediante la gráfica de SHEWHART/LEVEY-JENNINGS.

#### VIII.3.1.2.3 Regresión

Los resultados obtenidos por nuestro laboratorio se han contrastado con la media de todos los laboratorios. La RECTA DE REGRESION para el conjunto de puntos se ha representado en la Figura VIII-2.

#### CALCULOS:

La ecuación de la RECTA DE REGRESION se ha calculado por "mínimos cuadrados" según las expresiones siguientes:

# GRAFICA DE SHEWHART/LEVEY-JENNINGS

## Programa PICC - MET para Plomo

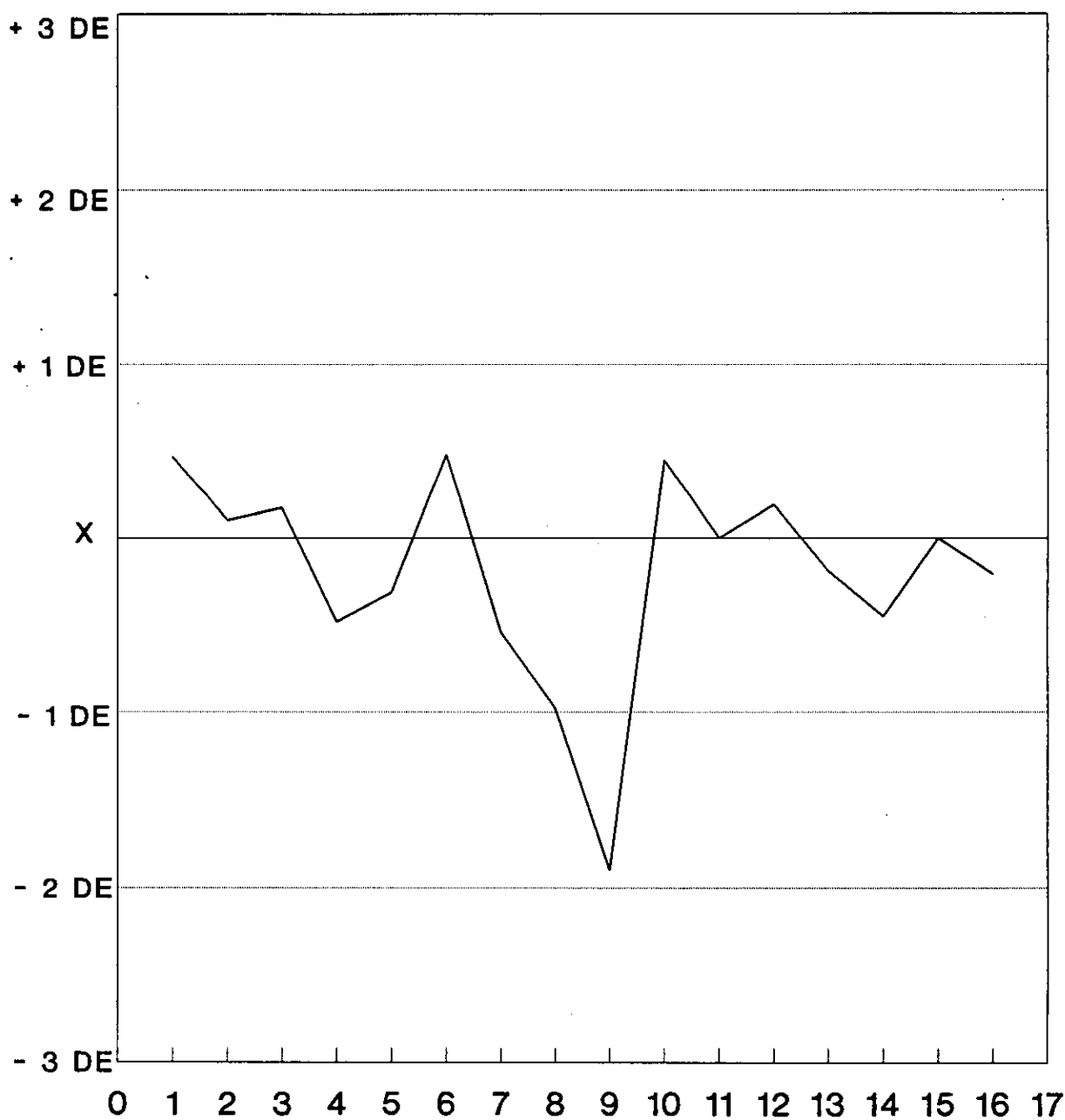


Figura VIII-1



# PROGRAMA PICC - MET del I.N.S.H.T.

## Contraste de resultados para Plomo

### RECTA DE REGRESION

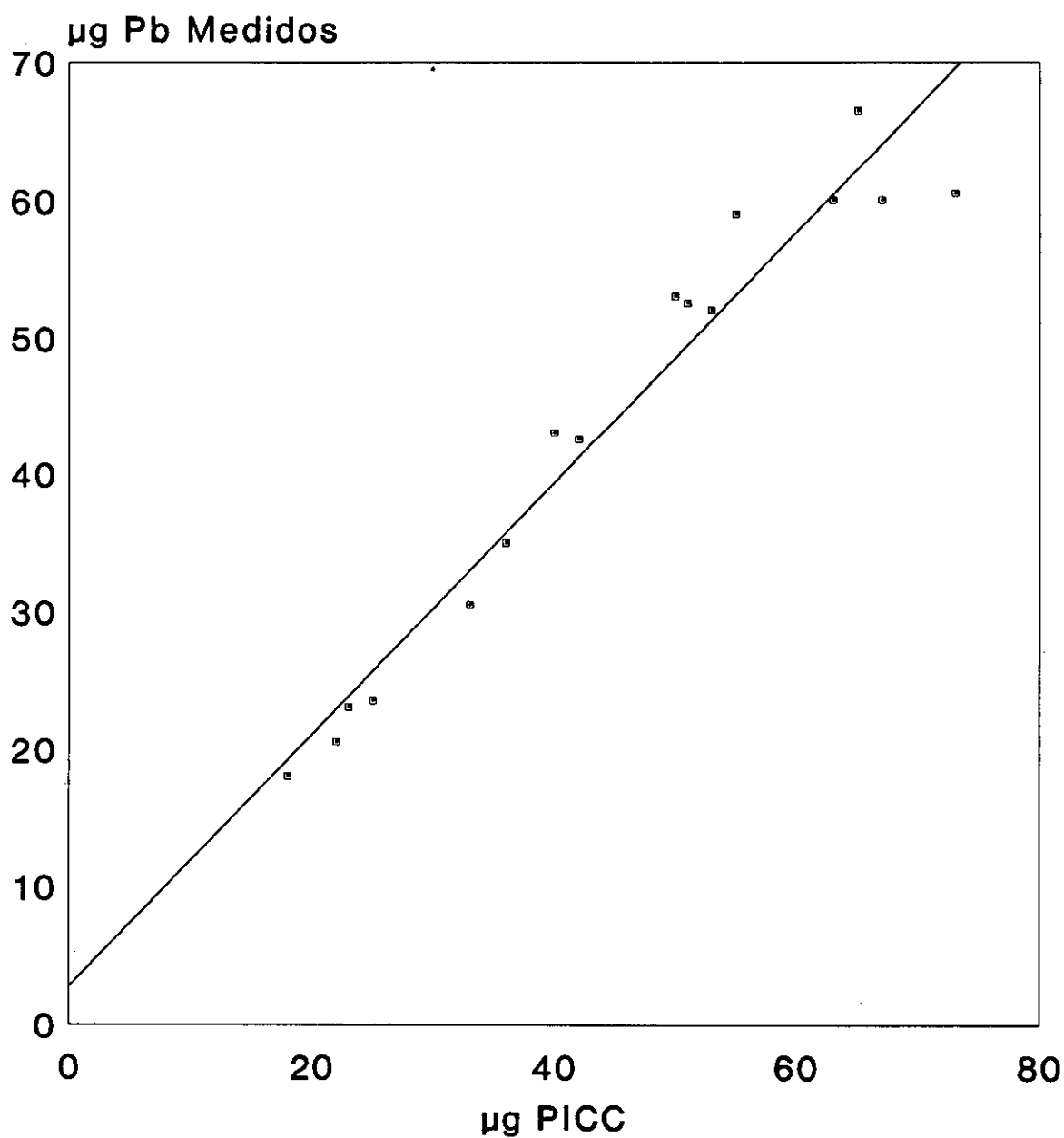


Figura VIII-2





$$y = mx + b$$

$$m = \frac{n \sum xy - (\sum x) (\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(\sum y) (\sum x^2) - (\sum x) (\sum xy)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

ECUACION:  $y = 0,9157x + 2,7403$

$m = \text{error proporcional} = 0,9157$

$b = \text{error constante} = +2,7403$

#### VIII.3.1.2.4 Correlación

La correlación de nuestra metodología la hemos indicado por medio del "COEFICIENTE DE CORRELACION DE PEARSON", el cual se ha calculado según la expresión:

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - (\sum x) (\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

$r_{xy} = 0,9732$

#### VIII.3.1.2.5 Hipótesis de rechazo

Como índice de la IMPOSIBILIDAD DE RECHAZO de la hipótesis de igualdad entre cada medida respecto a la media se ha determinado la "t" de Student.

Su cálculo se ha realizado por el método de los "duplicados" o "Paired test" según las expresiones:

$$t \text{ de Student} = \frac{\bar{d}}{Sd}$$

$$\bar{d} = \text{Diferencia media} \quad \bar{d} = \frac{\sum x_i - y_i}{n}$$

$$Sd = \text{Error estándar de la diferencia} \quad Sd = \frac{s}{\sqrt{n-1}}$$

s = Desviación estándar de las diferencias

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - y_i)^2}{n-1}}$$

$$t \text{ de STUDENT} = 0,9808$$

#### VIII.3.1.2.6 Error de estima

Como medida del ERROR MEDIO que se ha podido cometer se ha determinado el ERROR DE ESTIMACION de las YES por las EQUIS (Syx) según la expresión

$$Syx = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum [y_i - (mx_i + b)]^2}$$

$$Syx = 3,9274$$

Asimismo se ha comprobado la no existencia de ningún punto que se "distancie" de la recta de regresión un valor superior a 3,5 Syx (13,7459 µg).

#### VIII.3.2 CROMO

##### VIII.3.2.1 RESULTADOS

Todos los resultados del PICC-MET referentes a los filtros de CROMO se han determinado bajo las mismas fórmulas y parámetros que en el plomo, dándonos los siguientes valores:

- RECTA DE REGRESION

$$y = 1,0027 x + 0,4286$$

Error proporcional       $m = 1,0027$

Error constante         $b = +0,4286$

- COEFICIENTE DE CORRELACION DE PEARSON

$$r_{xy} = 0,9753$$

- HIPOTESIS DE RECHAZO

$$t \text{ de Student} = 0,7408$$

- ERROR DE ESTIMA

$$S_{yx} = 2,6141$$

#### VIII.3.2.2 REPETITIVIDAD

En el caso de las muestras números 6 y 7 contenían la misma cantidad de cromo. La repetitividad la hemos representado en la Figura VIII-5 mediante la gráfica de YODEN con la situación de todos los laboratorios y con un cuadrado la de nuestro laboratorio. El círculo se ha trazado con un radio de 2 D.E, por lo que todos los laboratorios con resultados dentro del mismo se les considera con una aceptable repetitividad.

#### VIII.4 PARAMETROS ESTADISTICOS

El conjunto de parámetros estadísticos para las metodologías de filtros con plomo y cromo se representan en la tabla VIII.5.

# PROGRAMA PICC - MET del I.N.S.H.T.

## Filtros de Cromo

### RESUMEN

MUESTRA Nº	LABORATORIOS PARTICIPANTES	TEST DE WINDSOR	OUTLIERS	LABORATORIOS ACEPTADOS
1	30	SI	1AL	29
2	30	SI	1BA 1AL	28
3	30	SI	1AL	29
4	30	SI	1BA	29
5	33	SI	1AL	32
6	33	SI	1BA 1AL	31
7	33	SI	1AL	32
8	33	SI	1AL	32
9	32	SI	1BA	31
10	32	SI	1AL	31
11	32	NO		32
12	32	NO		32
13	36	SI	1BA 1AL	34
14	36	SI	1BA	35
15	36	SI	1BA	35
16	36	SI	1BA 1AL	34

Tabla VIII-3



# PROGRAMA PICC - MET del I.N.S.H.T.

## Filtros de Cromo

### PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

TODOS LOS RESULTADOS		TEST DE WINDSOR		MEDIDA DEL LABORATORIO	DESVIACIÓN STANDARD	ERROR EN D.S
$\bar{X}$	C.V	$\bar{X}$	C.V			
13,1	24,7	12,0	16,5	14,5	2,17	+ 1,15
43,0	13,8	42,0	10,7	44,0	4,50	+ 0,44
16,0	16,6	16,0	14,8	17,0	2,33	+ 0,43
27,0	13,5	27,0	10,7	29,0	2,83	- 0,70
38,0	27,9	38,0	26,7	35,5	10,00	- 0,55
23,0	27,8	23,0	20,8	21,0	4,67	+ 0,43
23,0	25,8	23,0	22,8	20,5	5,17	- 0,48
11,0	33,0	11,0	31,0	8,5	3,33	- 0,75
25,0	13,7	25,0	12,2	24,5	3,00	- 0,17
14,0	16,1	14,0	10,3	17,0	1,33	+ 2,25
34,0	9,6			38,0	3,34	+ 1,20
46,0	8,1			49,5	3,67	+ 0,95
29,0	17,3	29,0	13,1	30,0	3,66	+ 0,27
12,0	18,2	12,0	16,1	13,0	2,00	+ 0,50
20,0	16,7	20,0	15,2	22,0	3,00	+ 0,66
40,0	16,3	40,0	10,2	39,0	4,17	- 0,27

Tabla VIII-4





# GRAFICA DE SHEWHART/LEVEY-JENNINGS

## Programa PICC - MET para Cromo

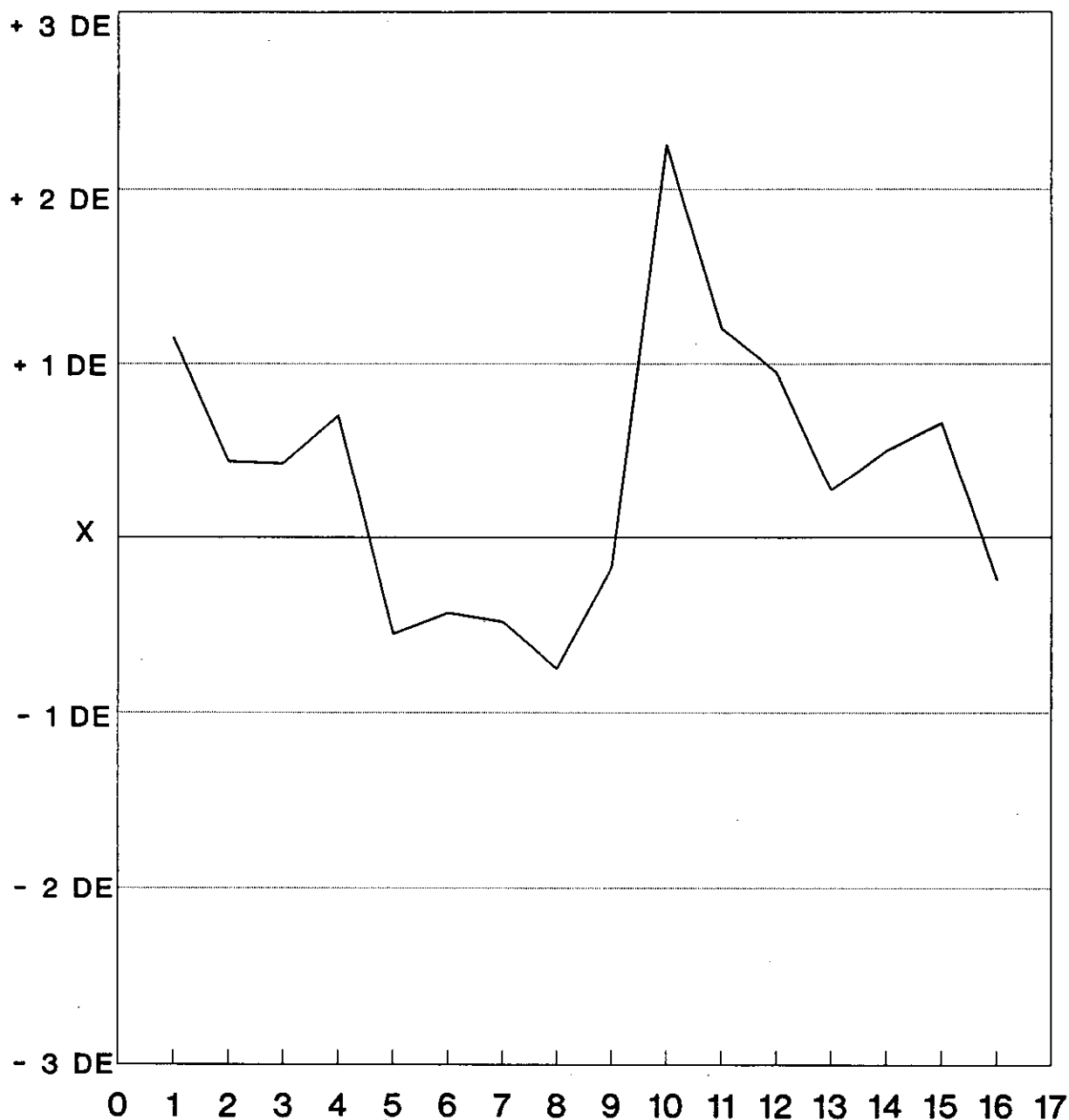


Figura VIII-3



# PROGRAMA PICC - MET del I.N.S.H.T.

## Contraste de resultados para Cromo

### RECTA DE REGRESION

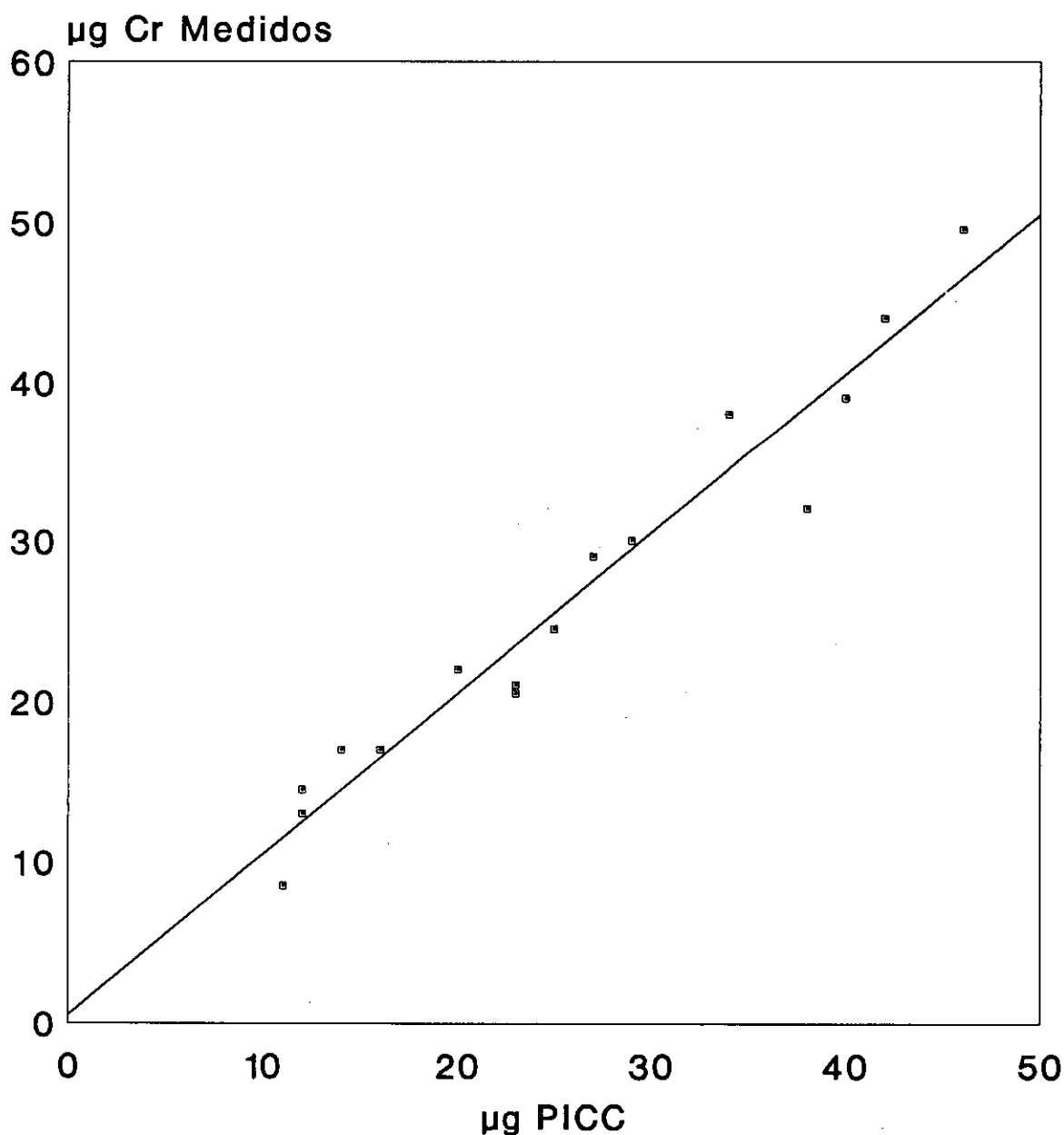
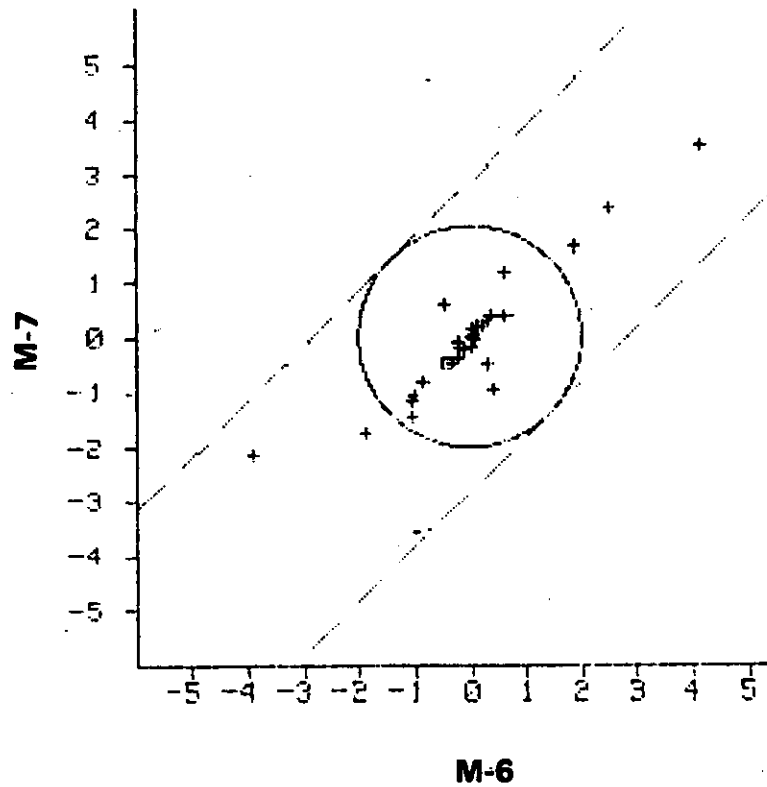


Figura VIII-4



## REPETITIVIDAD

### CROMO



SE INDICA CON UN CUADRADO LOS  
RESULTADOS DE ESE LABORATORIO

Figura VIII-5



# PROGRAMA PICC - MET

## PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

PARÁMETRO	PLOMO	CROMO
ERROR PROPORCIONAL "m"	0,9157	1,0028
ERROR CONSTANTE "b"	+ 2,7403	+ 0,4286
ECUACIÓN DE LA R. G. $y = mx + b$	$y = 0,9157X + 2,7403$	$y = 1,0028X + 0,4286$
COEF. CORR. DE PEARSON " $r_{xy}$ "	0.9732	0,9753
TE DE STUDENT "t"	0.9808	0,7408
DIFERENCIA MEDIA " $\bar{d}$ "	+ 1,0312	- 0,5000
D.E. DE LAS DIFERENCIAS " $\sigma$ "	4,0721	2,6141
ERROR DE ESTIMACIÓN DE LAS YES POR LAS EQUIS " $S_{yx}$ "	3,9274	2,7056

Tabla VIII-5





#### VIII.5 CONCLUSIONES

Según se puede observar en la tabla anteriormente citada (VIII.5), ambos métodos analíticos para los metales plomo y cromo en filtros de ésteres de celulosa son perfectamente compatibles, presentando una muy buena correlación con aquellos valores que consideramos más próximos a los reales.

En el caso del plomo, este coeficiente de correlación de Pearson es:

$$\delta = 0,9732$$

y en el del cromo

$$\delta = 0,9753$$

Utilizando la  $t$  de Student como valoración de la hipótesis de igualdad, vemos que para una muestra con 16 datos, dicha hipótesis de igualdad de los 16 pares de valores (el real y el medido por nosotros) debe ser aceptada con una imposibilidad de rechazo inferior al 95% en ambos casos.

Expresándolo en otros términos, a un límite de nivel de confianza del 95% no hay diferencias estadísticamente significativas entre cada una de las parejas de valores.

Más concretamente:

$$\text{- Plomo} \quad t = 0,9808$$

$$0,40 > P > 0,30$$

- Cromo  $t = 0,7408$

$0,50 > P > 0,40$

por lo que la hipótesis de igualdad de cada pareja de valores es aceptable para un nivel de significación entre el 60% y 70% en las medidas del plomo, y entre el 50% y 60% en las medidas del cromo.

## **CAPITULO IX**

### **CONTAMINACION POR SOLDADURA**



## IX.1 PROCESOS DE SOLDADURA

Según la definición dada por el INSHT, SOLDAR es "unir dos piezas de un metal de igual o parecida composición, llevando las superficies de contacto al estado líquido o pastoso mediante la acción del calor, de la presión, o de ambos, con o sin adición de metal de igual o parecida composición".(35)

La fuente de calor para realizar la unión puede ser de diversas procedencias, y va a dar lugar a los distintos tipos de soldadura.

### IX.1.1 SOLDADURA POR COMBUSTION DE GASES

La energía calorífica necesaria se suministra mediante la combustión de gases en una boquilla mezcladora o soplete que dirige la llama hacia las superficies a soldar. Lógicamente, según la naturaleza de los gases va a cambiar el poder calorífico de la llama, y por ende, la aplicación de esa soldadura.

Como combustibles se suelen emplear fundamentalmente el ACETILENO y menos, el PROPANO, y como comburentes el más frecuente es el OXIGENO (soldadura OXI-ACETILENICA) y menos, el aire comprimido. Las

temperaturas alcanzadas en el interior de la llama varían desde una media de 3260°C para el caso más favorable (oxi-acetilénica), hasta 1950°C en el caso más desfavorable (propano-aire).

En nuestro caso nos vamos a ocupar fundamentalmente de la soldadura OXI-ACETILENICA, que es la que se suele aplicar en soldaduras de chapas de hierro y acero (hasta 6 mm) y sobre todo como sistema de corte (oxi-corte) para chapas de hasta 40 mm de espesor.

#### IX.1.2 SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO

En este sistema se establece un arco eléctrico entre las piezas a soldar y un electrodo por medio de una corriente eléctrica circulante, que puede ser alterna o más frecuentemente, continua, con una tensión de cebado de 110 v y funcionamiento de 40 v.

Este tipo de soldadura es el más extendido. Se puede aplicar a todo tipo de materiales de hierro y acero con espesores de 1 mm, y puede llegar a conseguir temperaturas de trabajo de unos 4000°C.

##### IX.1.2.1 Soldadura M.A.G. y M.I.G.

En este tipo de soldadura eléctrica el arco eléctrico se forma entre un electrodo consumible desnudo y las piezas a soldar, inyectándose un gas protector de la soldadura, generalmente formado por una mezcla de Argon y CO<sub>2</sub> o Argon exclusivamente (Metal-Activ-Gas o Metal-Inert-

Gas). Además puede incorporarse o no material de aporte por medio de unas varillas metálicas.(36)

#### IX.1.2.2 Soldadura con electrodo revestido.

En este caso el arco eléctrico se forma entre las piezas a soldar y un electrodo que, como se indica en su denominación, está revestido de una sustancia que va a proporcionar el material de aporte.

#### IX.1.3 SOLDADURA POR RESISTENCIA ELECTRICA

Su fundamento es similar a los anteriores, basándose en el paso de una corriente eléctrica, pero aquí lo hace a través de unos electrodos tronco-cónicos de elevada conductividad y con una tensión muy baja, del orden de 24 v, por lo que pasará una elevada intensidad de corriente. Su utilización en nuestra empresa no está muy generalizada, limitándose a chapas de pequeño espesor (automóviles, electrodomésticos, etc).

#### IX.2 CONTAMINACION POR SOLDADURA

Sea cual sea el procedimiento de soldadura elegido, inevitablemente se van a generar unos HUMOS DE SOLDADURA, que contendrán una serie de contaminantes más o menos tóxicos según veremos, y que van a afectar a los trabajadores que realizan el proceso de soldadura y a todos aquellos que ejerzan su actividad en zonas próximas al foco contaminante. Aunque hay muchas formas de agrupar estos



contaminantes, hemos elegido hacerlo según la secuencia física de donde se generan.(37)

## IX.2.1 GENERACION DE CONTAMINANTES SEGUN SU ORIGEN

### IX.2.1.1 Procedentes de material base

Como consecuencia de la volatilización y oxidación de los metales constituyentes fundidos, se forman unos óxidos metálicos que serán cuantitativamente los más importantes dentro de los humos de soldadura formados.

Lógicamente, según sea la naturaleza de aquéllos, se formarán los distintos óxidos metálicos. Así pues, si se trata de aceros al carbono, se formarán los óxidos de hierro y manganeso; si son acero inoxidable, además de los anteriores, puede haber óxidos de cromo, níquel, molibdeno, vanadio, etc. Por supuesto, si el material base es aluminio, se formarán fundamentalmente sus óxidos.

### IX.2.1.2 Procedentes del recubrimiento de material base

- Si el recubrimiento del material base es metálico, se formarán los correspondientes óxidos: óxidos de cinc, hierro, cobre, níquel, cadmio, etc.
- Si las piezas a soldar tienen un recubrimiento de pintura, se formarán los óxidos de los metales que entran en la constitución del pigmento. Así, si se trata

de minio, aparecerá óxido de plomo; si es pigmento blanco, óxidos de titanio y calcio; si es amarillo, óxido de cromo y cobalto; si es verde, óxidos de cobre y hierro, etc...

- Puede darse el caso de que las superficies a soldar estén impregnadas de restos de desengrasantes, aceites, etc, generándose entonces compuestos orgánicos en estado de vapor.

#### IX.2.1.3 Procedentes del material de aporte

Como ya dijimos, es muy frecuente suministrar un material de aporte para mejorar el proceso de soldadura. Como la naturaleza de ese material de aporte es muy variada, también lo serán los contaminantes orgánicos. Si es el rutilo, uno de los más frecuentes, se forman óxidos metálicos; y si el material de aporte lleva algún gas o mezcla de gases, se formarán derivados contaminantes de ese gas (normalmente CO).

Dadas las grandes temperaturas que se pueden alcanzar, es posible que algunas moléculas presentes en la zona de la llama puedan reaccionar entre sí formando compuestos contaminantes, como el el caso del ozono y óxidos de nitrógeno.

### IX.2.2 CONTAMINANTES SEGUN SUS EFECTOS

Los efectos que van a tener los contaminantes de la soldadura sobre el organismo se van a hacer patentes en muchas partes del mismo, pero van a acentuarse en unos órganos muy concretos; eso va a permitirnos agruparlos según sus efectos:

- Irritantes sobre los tejidos de todas las vías respiratorias y órganos por donde puedan penetrar (óxido de cromo, dióxido de nitrógeno, etc.)
- Neumoconióticos benignos, en el caso de que puedan llegar hasta el tejido pulmonar, depositándose en él, pero sin alterar la función pulmonar (óxido férrico).
- Tóxicos sistemáticos, cuando además del efecto irritante su acción tóxica principal se ejerce sobre órganos y tejidos distantes de las vías respiratorias (óxidos de plomo, cadmio, etc.)

### IX.2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FORMACION DE CONTAMINANTES

Como ya hemos visto, los contaminantes que se forman dependerán de las características físico-químicas de los materiales que entran en el proceso de soldeo y de la temperatura que se alcance.

La cantidad de gases depende de las impurezas que contengan los gases que se emplean en la soldadura, de las condiciones atmosféricas del lugar de trabajo, y del modelo de soldadura utilizado.

#### IX.2.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CANTIDAD DE CONTAMINANTES INHALADOS

El factor fundamental a la hora de evaluar las cantidades de contaminantes inhalados va a ser el nivel de cumplimiento de las normas de higiene industrial exigidas por la legislación vigente, e incluso aquellas otras que supongamos puedan ayudar a eliminarlos total o parcialmente.

Las condiciones de ventilación natural, ventilación asistida si es necesaria, extracción localizada en todos los puntos donde se produce la soldadura, van a tener una importancia primordial.

Los aspectos referentes al operador también deben ser tenidos en cuenta; su posición y distancia respecto al foco emisor; utilizar todos los dispositivos de protección personal necesarios y que esten debidamente homologados, etc...

Conjuntamente con todo lo anterior, se debe intentar que se utilicen aquellas técnicas que sean lo menos contaminantes posibles.

#### IX.2.5 CONDICIONES ANALITICAS GENERALES

A lo largo de todo el programa de toma de muestras se ha procurado seguir el método NIOSH 25, realizando todas aquellas tomas que nos ha sido posible y lo más prolongadas en el tiempo que hemos podido. El dispositivo se ha colocado sobre el operador (a la altura de las vías respiratorias) elegido al azar, pero entre los que tenían su lugar de trabajo dentro de las zonas que consideramos más representativas y con las condiciones más desfavorables en cuanto a la contaminación.

La distancia entre el foco contaminante y las vías respiratorias suele oscilar entre 30 y 50 cm y en general, al menos en nuestra presencia, se utilizaron todas las protecciones personales reglamentarias, así como la ventilación asistida si era posible y la extracción local con manguerotes. De no hacerse así, se reflejó en las hojas de datos.

Durante el tiempo del estudio, los trabajos de soldadura se realizaron en turnos cambiables cada semana, con horarios de 6 a 14 h el primero, y de 14 a 22 h el segundo.

Por las características propias de nuestra empresa, hemos considerado que para este tipo de trabajo el tiempo real de exposición de los trabajadores es como máximo de 360 minutos por jornada de trabajo.

En función de ese tiempo de exposición real y del valor del TLV-TWA para cada contaminante, hemos incorporado el concepto de "tanto por ciento de Dosis Máxima Permitida".

$$\% \text{ DMP} = \frac{\text{C.a.m}}{\text{TLV-TWA}} \cdot \frac{\text{t. r. exp.}}{\text{t. te. exp.}} \cdot 100$$

$$\% \text{ DMP} = \frac{\text{C.a.m}}{\text{TLV-TWA}} \cdot \frac{360 \text{ min.}}{480 \text{ min.}} \cdot 100$$

C.a.m = Concentración ambiental medida.

t. r. exp = Tiempo real de exposición.

t. te. exp = Tiempo teórico de exposición.

La protección personal en el caso de soldadura suele estar constituida por:

- Buzo azul con broches.
- Botas hebilla media caña modelo 209 MTS, Clase I Grado A (Homologación 438).
- Manoplas con dedo cuero serraje manga larga.
- Mandil de cuero.
- Pantalla soldador de cabeza con mirilla abatible Mod. 418UE MT-3 Homologación 962.
- Mascarilla autofiltrante Modelo BLS MT-9 Homologación 66.

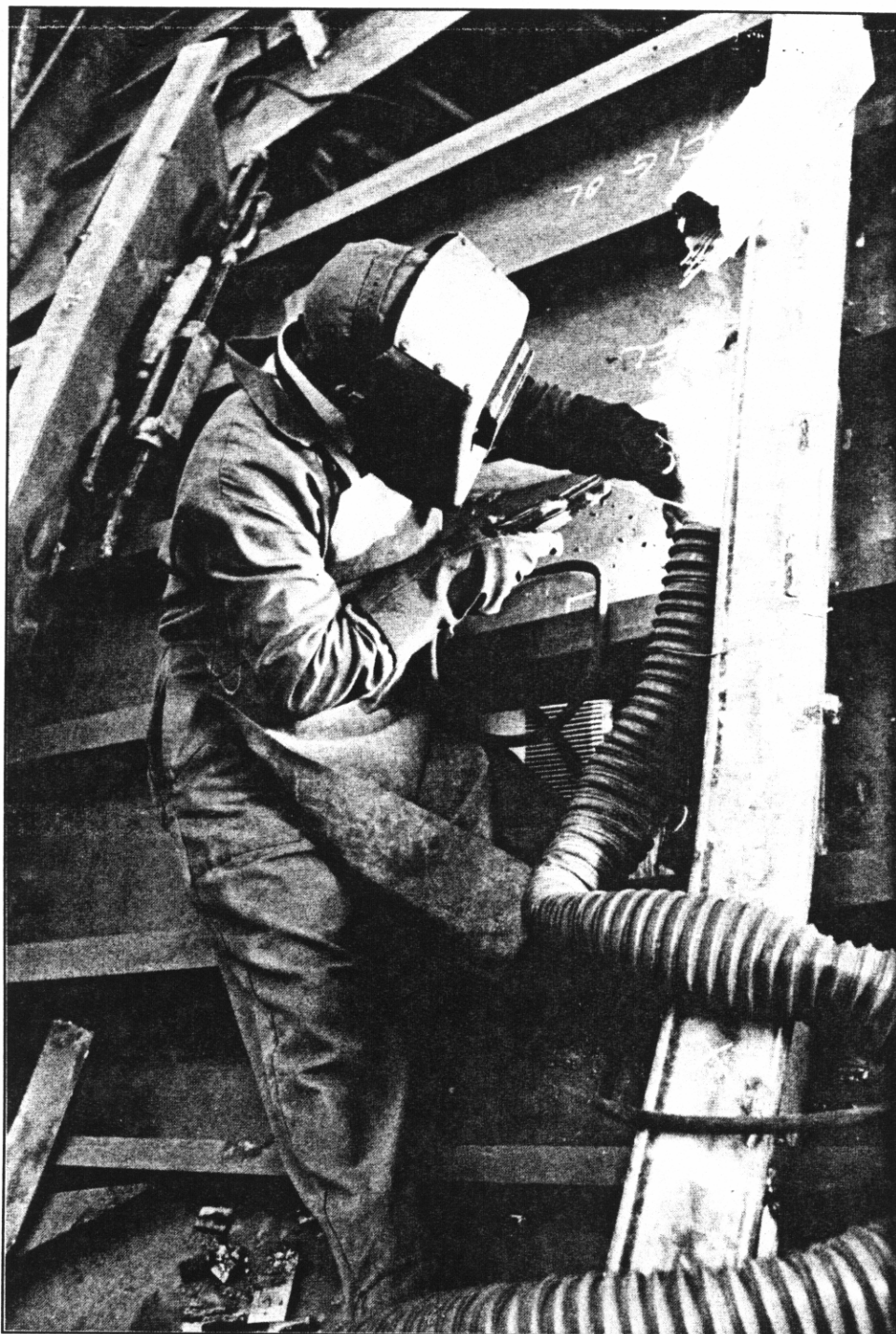
La extracción localizada esta formada por extractores eléctricos que llevan al final unos manguerotes de 120 mm de diámetro cuyo extremo se coloca lo más cerca posible del punto de soldadura. La velocidad de captura para la extracción suele estar comprendida entre 0,5 y 1,0 m/seg.

En todas las determinaciones ambientales se han utilizado HOJAS DE REGISTRO donde hemos ido reflejando las condiciones bajo las que se realizó el muestreo, y todos aquellos datos que puedan tener interés para la posterior interpretación de resultados. A título de ejemplo estas hojas de registro se han incluido en el apartado siguiente referente a la soldadura oxi-acetilénica.

### IX.3 DETERMINACIONES EN SOLDADURA OXI-ACETILENICA

#### IX.3.1 DESCRIPCION

Dentro de nuestra empresa, de todas las soldaduras de combustión de gases, casi exclusivamente se usa la oxi-acetilénica, bien como soldadura o más incluso como "oxi-corte". La modalidad a la que hemos hecho el seguimiento se denomina "FLUX", que recibe este nombre del tipo de fundente utilizado.



**F-3    PROTECCIÓN PERSONAL**





## MATERIALES, PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS

Acetileno (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>): Hidrocarburo alifático no saturado, gas inflamable, incoloro con débil olor a éter, soluble en agua y numerosos compuestos orgánicos.

Densidad: 0,62 gr/m<sup>3</sup>

Punto fusión: - 81,8°C

Punto ebullición : - 75°C

Punto inflamación: - 17,8°C

Temperatura autoignición: 305°C

Densidad de vapor: 0,91

Límites de explosividad: 2,5 - 87% en aire  
2,3 - 93% en oxígeno.

Oxígeno (O): Gas incoloro, inodoro e insípido. Forma un líquido azulado o cristales azules.

Ligeramente soluble en agua.

Densidad: 1,43 gr/l (Sólido), 1,14 gr/l (Líquido)

Punto de fusión: 218,4°C

Punto de ebullición: 183°C

Presión de trabajo: 3,5 Kg/m<sup>2</sup> para tubería de 8" en adelante.

Fundentes: Existen comercializados diversos tipos. El utilizado en este proceso responde al nombre comercial de "Easy-Flo-Flux Pouder". En su etiqueta se advierte que se trata de un producto irritante por inhalación señalándose en el texto las siguientes indicaciones:

### JMM FLUXES

- R 20 Peligro, por inhalación.
- R/36 Irritante para los ojos.
- S 13 Mantenerlo alejado de los alimentos, bebidas y animales.
- S 21 No fume cuando lo utilice.
- S 22 No respire el polvo.
- S 26 En caso de contacto con los ojos, lávelos inmediatamente con abundante agua y busque ayuda médica.

Por supuesto, de toda esta información de la casa comercial no podemos deducir la composición real de este material y por ende, de los posibles contaminantes generados. No obstante, en diversas fuentes bibliográficas relacionadas con el tema, hemos obtenido diversas posibles composiciones de fundentes utilizados en este tipo de soldadura.(38)

- a) Acido bórico: 70-75%
- Fosfato disódico anhidro: 15%
- Cloruro de sodio: 10-15%
- 
- b) Borax fundido: 35-40%
- Fosfato amónico sódico: 40-45%
- Acido bórico: 10%
- Silicato de magnesio: 6%
- Monóxido de plomo: 3%
- Fluoruro de litio: 1%

Metal de aporte: Se trata de varillas metálicas de diversa composición, en función de su grado.

<u>GRADO 3</u>	<u>GRADO 4</u>	<u>GRADO 5</u>
14,5 a 15,5% de Ag	49 a 51% de Ag	49 a 51 de Ag
79 a 81% de Cu	14,5 a 16,5 de Cu	14,5 a 16,5 de Cu
4,75 a 5,75 de P	14,5 a 18,5 de Zn	13,5 a 17,5 de Zn
Temp. fusión 649°C	17 a 19% de Cd	15 a 17% de Cd
Temp. fluidez 705°C	Temp. fus. 627°C	2,5 a 3,5 de Ni
	Temp. flu. 635°C	Temp. Fus. 646°C

Metal base: Aleaciones de cobre y Níquel con porcentaje de:

- 90% de Cu y 10% de Ni
- 70% de Cu y 30% de Ni.

#### CONTAMINANTES GENERADOS

- Derivados del material soldado y de aportación:

Por volatilización y oxidación de los metales que lo constituyen se producen los óxidos respectivos que son arrastrados en forma de humos.

En este caso se pueden generar los siguientes óxidos metálicos:

- Oxido de Plata.
- Oxido de Cobre.
- Oxido de Zinz.
- Oxido de Cadmio.
- Oxido de Níquel.

- Derivados de otros compuestos del material de aportación:

Es previsible la presencia de cloruros, fluoruros, silicatos, fosfatos, compuestos del boro y óxidos alcalinos en función de la composición exacta del fundente utilizado.

- Derivados de la combustión:

Es previsible la presencia de Monóxidos y Dióxido de Carbono.

- Derivados de reacciones con el aire:

Es previsible la presencia de óxidos de nitrógeno.

### IX.3.2 RESULTADOS I

El taller de tubos nos ha parecido uno de los lugares más adecuados para el análisis de esta soldadura. Para ello hemos realizado un muestreo en la sección de fabricación cuprosa de dicho taller durante los procesos de preparación y soldadura de tuberías.

Las condiciones de ventilación y extracción, aún cuando existían, no parecían las más adecuadas como posteriormente confirmaron los resultados.

Los datos de muestreo, las condiciones en que se realizó la toma de muestras y los resultados analíticos se indican en las Hojas de registro números 1 y 2, y que a título de ejemplo del modelo utilizado se incluyen en este apartado.

En primer lugar hemos determinado los niveles de gases contaminantes en la atmósfera laboral mediante tomas puntuales con tubos colorimétricos. Los gases analizados han sido los que generalmente pueden estar presentes en este tipo de soldadura, es decir: monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

En cuanto a contaminantes metálicos, hemos determinado todos aquellos que por la naturaleza del trabajo y los materiales empleados esperábamos encontrar y que además tuvieran interés por su efecto toxicológico. En

una primera parte lo hemos medido en polvo total recogido, y después en el humo de soldadura retenido en el filtro.

Como resumen de este proceso de soldadura, hemos reflejado el conjunto de resultados en unas tablas, comparándolas con los valores del TLV-TWA.

SERVICIO DE SEGURIDAD HIGIENE INDUSTRIAL				ENCUESTA HIGIENICA - ESTRATEGIA DE MUESTREO				Presión atmosférica Temperatura	
CENTRO DE TRABAJO: TALLER DE PLOMEROS DE TUBO				PUESTO DE TRABAJO: FABRICACION CUPROSA				Fecha /02/06	
OPERACION	COMIENZO	FINAL	TOTAL	MEDICION CONTAMINANTE	COMIENZO	FINAL	TOTAL	APARATOS	
Calentamiento con dos sopletes de un tubo y un codo de 6" $\phi$ que posteriormente van a ser unidos mediante soldadura oxiacetilénica.	10h 45m	10h 50m	5m	1.- Gases nitrosos	Puntual			Tubos colorimétricos.	
Aplicación del metal de aporte (varilla de aleación de plata) utilizándose un soplete.	10h 50m	11h	10m	2.- Monóxido y dióxido de carbono.	Puntual			Tubos colorimétricos.	

SERVICIO DE SEGURIDAD HIGIENE INDUSTRIAL				ENCUESTA HIGIENICA - ESTRATEGIA DE MUESTREO				Presión atmosférica Temperatura	
CENTRO DE TRABAJO: TALLER DE PLOMERO DE TUBO				PUESTO DE TRABAJO: FABRICACION CUPROSA				Fecha /02/13	
OPERACION	COMIENZO	FINAL	TOTAL	MEDICION CONTAMINANTE	COMIENZO	FINAL	TOTAL	APARATOS	
Preparación de la tubería a soldar mediante lijado con máquina neumática (12" $\phi$ )	10h 45m	11h 15m	30m	1.- Captación de polvo total.	10h 45m	11h 45m	60 m	Bomba de aspiración "Sampler" y filtros.	

SERVICIO DE SEGURIDAD HIGIENE INDUSTRIAL				ENCUESTA HIGIENICA - ESTRATEGIA DE MUESTREO				Presión atmosférica Temperatura	
CENTRO DE TRABAJO: TALLER DE PLOMEROS DE TUBO				PUESTO DE TRABAJO: FABRICACION CUPROSA				Fecha /02/13	
OPERACION	COMIENZO	FINAL	TOTAL	MEDICION CONTAMINANTE	COMIENZO	FINAL	TOTAL	APARATOS	
Calentamiento con dos sopletes de la tubería a soldar (12")	10h 45m	11h	15 min	1.- Captación de humos de óxidos metálicos.	10h 45m			Bomba de aspiración "Sampler" y filtros.	
Aplicación del metal de aporte (Varilla metálica de grado IV) con un sólo soplete.	11h	11h				11h 27m	47 m		





CONTROL DE CONDICIONES AMBIENTALES

Nº Tomas: 3

Centro: Taller de Tuberos Puesto de Trabajo: Fabricación Cuprosa

Ref. Cassette: -

Edición Nº	Volumen Aire Muestra	OPERACION- PROCESO	Nº de Obreros Expuestos	CONTAMINANTE (S)	Tiempo Exposi. (h/día)	TLV		Concentración Medida	% DMP	
						TWA	STEL/C		Parcial	Total
1	1000	Calentamiento de tubería con un soplete	2	Oxidos de nitrógeno		3	5	1,75		
2	1000	Calentamiento de tubería con un soplete	2	Monóxido de carbono		50	400	Inap		
3	500	Calentamiento de tubería con un soplete	2	Dióxido de carbono		5000	30000	"		
4	1000	Soldadura	1	Oxidos de nitrógeno		3	5	1,75		
5	1000	"	1	Monóxido de carbono		50	400	Inap		
6	500	"	1	Dióxido de carbono		5000	15000	"		
7	1000	Calentamiento de tubería con dos sopletes	2	Oxidos de nitrógeno		3	5	17		
8	1000	Soldadura con un soplete	1	Monóxido de carbono		50	400	10		
9	500 cm <sup>3</sup>	" " " "	1	Dióxido de carbono		5000	15000	≈ 1000		
						ppm	ppm	ppm		

CONTROL DE CONDICIONES AMBIENTALES

Nº Tomas: 1

Centro: TALLER DE TUBOS Puesto de Trabajo: FABRICACION CUPROSA

Ref. Cassette: Filtro PVC

Edición Nº	Volumen Aire Muestra	OPERACION- PROCESO	Nº de Obreros Expuestos	CONTAMINANTE (S)	Tiempo Exposi. (h/día)	TLV		Concentración Medida	% DMP	
						TWA	STEL/C		Parcial	Total
	90 l	Lijado de tubería de 12" de Ø.	1	Cationes metálicos	2					
				Cobre (Cu)		1		4,1		
				Hierro (Fe)		5		0,067		
				Niquel (Ni)		1		0,19		
				Zinc (Zn)		10		0,33		
				Manganeso (Mn)		05		0,041		
				Plata (Ag)		0,1		0,038		
				Cadmio (Cd)		0,05		N.D.		
				Plomo (Pb)		0,15		0,055		
						µg/m <sup>3</sup>		µg/m <sup>3</sup>		

CONTROL DE CONDICIONES AMBIENTALES

Nº Tomas: 1

Centro: TALLER DE TUBOS Puesto de Trabajo: FABRICACION CUPROSA

Ref. Cassette: Filtro PVC

Edición Nº	Volumen Aire Muestra	OPERACION- PROCESO	Nº de Obreros Expuestos	CONTAMINANTE (S)	Tiempo Exposi. (h/día)	TLV		Concentración Medida	% DMP	
						TWA	STEL/C		Parcial	Total
1	63 l	Calentado y soldado de la tubería de 12" de Ø	2	Cationes metálicos	3					
				Cobre (Cu)		0,2		0,22		
				Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )		5		0,03		
				Niquel (Ni)		1		0,014		
				Zinc (ZnO)		5	10	0,133		
				Manganeso (Mn)		1	3	0,009		
				Plata (Ag)		0,1		0,021		
				Cadmio (Cd)		0,05		N.D.		
				Plomo (Pb)		0,15		0,002		



### IX.3.3 RESULTADOS II

Como consecuencia de los resultados no muy positivos obtenidos en el primer muestreo del taller de tubos se extremaron las condiciones de ventilación asistida y extracción, y después de transcurridos siete meses, que consideramos tiempo suficiente para que se estabilizara todo el sistema, volvimos a repetir el muestreo, procurando que todas las demás condiciones laborales y humanas fueran lo más similares posibles a las primeras, para comprobar que aquellas medidas habían sido objetivas.

Los resultados de este nuevo análisis se reflejan en las hojas de registro números 3 y 4, y a efectos comparativos, en las tablas posteriores.

En este caso, analíticamente nos fué posible la determinación de fluoruros, ya que por la naturaleza del material de aporte los valores ambientales presentes pudieran tener alguna relevancia desde el punto de vista toxicológico.



SERVICIO DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL		ENCUESTA HIGIENICA - ESTRATEGIA DE MUESTREO						Presión atmosférica Temperatura ambiental	
CENTRO DE TRABAJO: TALLER DE TUBOS				PUESTO DE TRABAJO: FABRICACION CUPROSA				Fecha 5-09-	
OPERACION	COMIENZO	FINAL	TOTAL	MEDICION CONTAMINANTE	COMIENZO	FINAL	TOTAL	APARATOS	
Calentamiento con unople- te tubo y brida de 8" Ø	15,32	15,55	23'	1 - Dióxido de carbono 2 - Monóxido de carbono 3 - Gases nitrosos	Intual " 15,32	15,55	23'	T. Colorimetr " Confort 4100	
Soldadura con varilla del tipo 3.	15,45	15,55	10'	4 - Fluoruros 5 - " Gases nitrosos CO, CO <sub>2</sub>	15,45 15,50	15,55 15,55	10' 5'	Impres Impiger y fil Confort 4100 T. Colorimetr	
Lijado (preparación para soldadura)	16-43	16-54	11'	6 - Humos metálicos 7 - Polvo total	15,45 16,43	15,55 16,54	10' 11'	Bomba asira- ción M S A	

SERVICIO DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL		CONTROL DE CONDICIONES AMBIENTALES				Nº Tomas: 7						
		Centro: T. DE TUBOS		Puesto de Trabajo: F. CUPROSA		Ref. Cassette:						
Medición Nº	Volumen Aire Muestra	OPERACION- PROCESO	Nº de Obreros Expuestos	CONTAMINANTE (S)	Tiempo Exposi. (h/día)	TLV		Concentración		% OMP		
						TWA	STEL/c	Medida	Parcial	Total		
	cc											
1	500	Calentamiento y soldadura del tubo	1	Dióxido de carbono		5000	30000	Indicador				
2	1000		Monóxido de carbono		50	400	N.D.					
3	dm3		Gases nitrosos		3	5	N.D.					
4	25		Fluoruros		2.5		0,156					
5	12,5		Fluoruros		2.5		0,136					
6	15		Humos metálicos		Ver Hojas de condiciones ambientales.							
7	16,5		Lijado (preparación para la soldadura)	1								

Hoja de Registro IX-3



SERVICIO DE SEGURIDAD  
E HIGIENE INDUSTRIAL

# CONTROL DE CONDICIONES AMBIENTALES

Nº Tomas: 7

Centro: T. DE TUBOS

Puesto de Trabajo: P. CUPROSA

Ref. Cassette: FVC II 3

Medición Nº	Volumen Aire Muestra	OPERACION- PROCESO	Nº de Obreros Expuestos	CONTAMINANTE (S)	Tiempo Exposi. (h/día)	TLV		Concentración Medida	% DMP	
						TWA	STEL/C		Parcial	Total
7	15,5 dm <sup>3</sup>	Lijado de tubería	1	Polvo total		mg/m <sup>3</sup>				
				Cobre - Cu		1		3,15		
				Zinc, Óxido - ZnO		10		0,27		
				Níquel - Ni		1		0,54		
				Hierro - Fe		5		0,72		
				Manganeso - Mn		05		0,01		
				Cadmio - Cd		No detectado				
				Plomo - Pb				N.D.		
				Plata-Ag				N.D.		
				Polvo total C p. cuarzo		10		19,39		

SERVICIO DE SEGURIDAD  
E HIGIENE INDUSTRIAL

# CONTROL DE CONDICIONES AMBIENTALES

Nº Tomas: 7

Centro: T. TUBOS

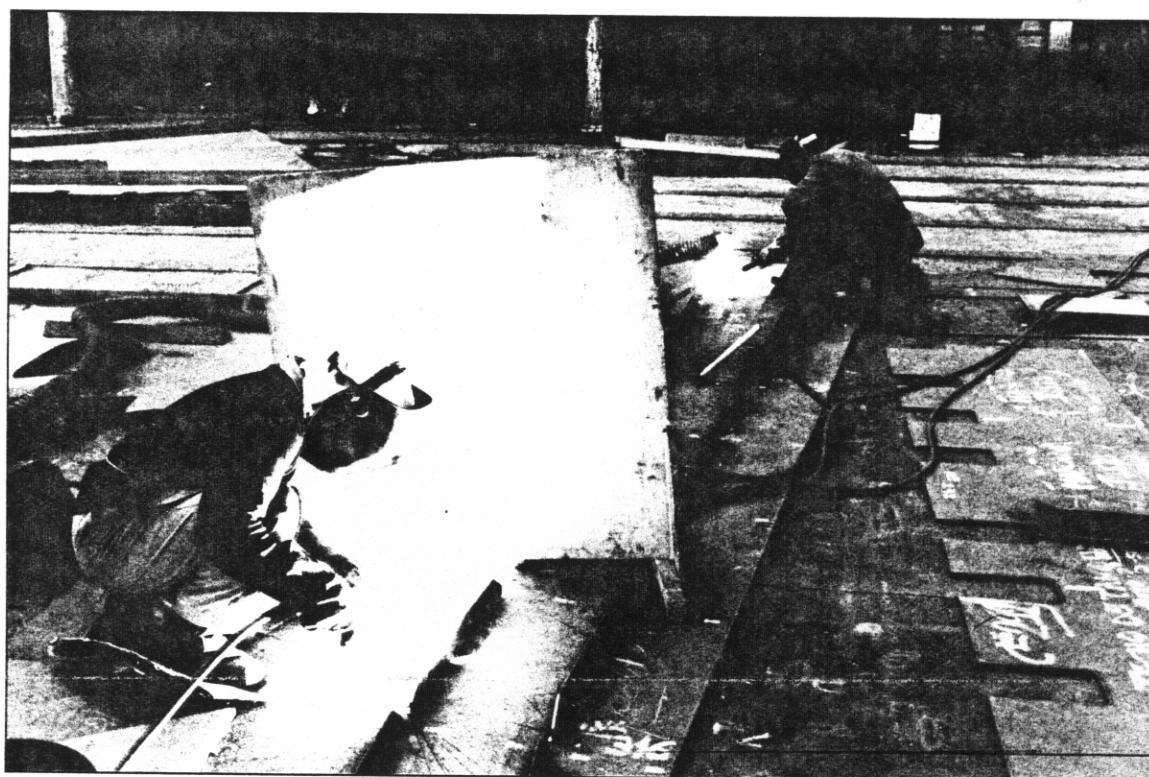
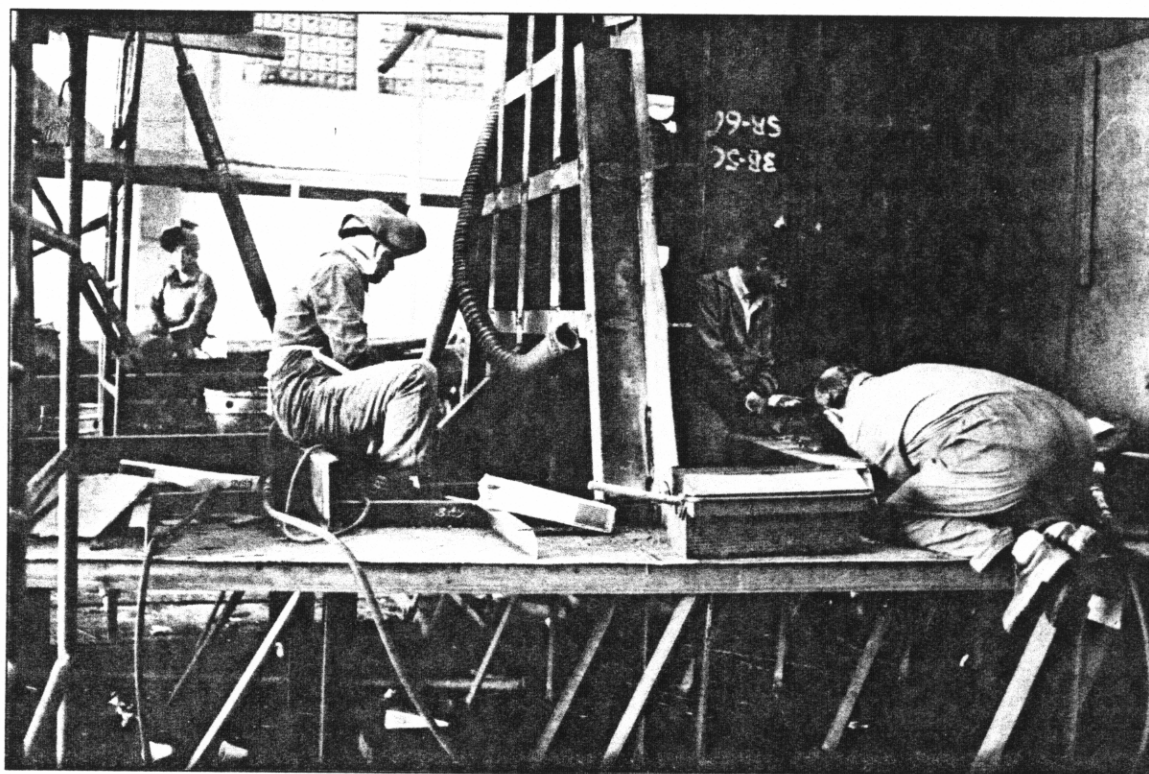
Puesto de Trabajo: P. CUPROSA

Ref. Cassette:

Medición Nº	Volumen Aire Muestra	OPERACION- PROCESO	Nº de Obreros Expuestos	CONTAMINANTE (S)	Tiempo Exposi. (h/día)	TLV		Concentración Medida	% DMP	
						TWA	STEL/C		Parcial	Total
6	15 dm <sup>3</sup>	Soldadura en tubo y brida de 8" Ø con varilla del gra- do 3.	1	Humos metálicos		mg/m <sup>3</sup>				
				Cobre - Cu		0,2		0,03		
				Zinc, Óxido - ZnO		5		0,01		
				Níquel - Ni		1		0,01		
				Hierro, Óxido cromo Fe		5	10	0,20		
				Manganeso		1	3	No detectado		
				Cadmio - Cd		No detectado				
				Plomo - Pb		No detectado				
				Plata - Ag				N.D.		
				Partículas totales		5				







F-4 CONTAMINACIÓN POR HUMOS DE SOLDADURA



#### IX.3.4 RESULTADOS III

Como complemento a las determinaciones anteriores, creimos interesante valorar los contaminantes generados por el mismo proceso de soldadura, pero en espacios distintos a naves cerradas. Para ello elegimos un barco en construcción, realizando el muestreo en una zona de la segunda cubierta, que presentaba una perfecta extracción por estar comunicada con las cubiertas superiores

Las condiciones de trabajo y los parámetros analizados se reflejan en las hojas de registro números 5 y 6.



SERVICIO DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL		ENCUESTA HIGIENICA - ESTRATEGIA DE MUESTREO						Presión atmosférica Temperatura	
CENTRO DE TRABAJO: BUQUE 175				PUESTO DE TRABAJO: 2ª CUBIERTA, Cuadernas 435-443				Fecha 14/03/	
OPERACION	COMIENZO	FINAL	TOTAL	MEDICION CONTAMINANTE	COMIENZO	FINAL	TOTAL	APARATOS	
Calentamiento de tubería de cupro-niquel de 12"	10,47	11,00	13'	Hornos metálicos	10,46	11,35	49'	Bomba S	
				Fluoruros	10,46	11,35	49'	Bomba S	
Soldadura por capilaridad (varilla grado 5)	11,00	11,25	25'	Nitrosos	Puntual			Tubos valormetros y bomba DRAGER.	
Aplicación de calor para evitar grietas una vez hecha la soldadura.	11,25	11,35	10'	Monóxido de carbono	"				
				Dióxido de carbono	"				

SERVICIO DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL		CONTROL DE CONDICIONES AMBIENTALES				Nº Tomas: 3						
		Centro: BUQUE 175		Puesto de Trabajo: 2ª CUBIERTA, Cuaderna 435-443		Ref. Cassette: _____						
Medición Nº	Volumen Aire Muestra	OPERACION- PROCESO	Nº de Obreros Expuestos	CONTAMINANTE (S)	Tiempo Exposi. (h/día)	TLV		Concentración		% DMP		
						TWA	STEL/C	Medida	Parcial	Total		
		Calentamiento de tubos previo a soldadura de tubería de aleación cuproniquel de 12" de Ø			Con esta soldadura se empleó un tiempo de 49'							
	C.C.											
1	1000			Gases Nitrosos			2	5	2			
2	1000			Monóxido de carbono			50	400	Inapreciable.			
3	500			Dióxido de carbono		5000	30000	Indicios				
						ppm		ppm				









## SOLDADURA OXI-ACETILÉNICA

### CONTAMINANTES GASEOSOS

#### R I - TALLER DE TUBOS - 1

	MONÓXIDO DE CARBONO	DIOXIDO DE CARBONO	DIOXIDO DE NITROGENO	FLUORUROS
TLV - TWA	50	5000	3	2,5
M 2-3-1	Inaprec.	Inaprec.	1,75	N.D
M 5-6-4	Inaprec.	Inaprec.	1,75	N.D
M 8-9-7	10	1000	17	N.D

#### R II - TALLER DE TUBOS II

M 2-1-3-4	Inaprec.	Indic.	Inaprec.	0,156
M 5				0,136

#### R III - BARCO EN CONSTRUCCIÓN

M 2-3-1	Inaprec.	Indic.	2	N.D
---------	----------	--------	---	-----

- Concentraciones en p.p.m.
  - Monóxido de carbono
  - Dióxido de carbono
  - Dioxido de nitrógeno
- Concentración en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 
  - Fluoruros



## SOLDADURA OXI-ACETILÉNICA

### CONTAMINANTES OXIDOS METÁLICOS

#### \* Polvos metálicos

##### R I - TALLER DE TUBOS I

	HIERRO	MANGAN	NIQUEL	COBRE	ZINC	PLAT	PLOM	CADM
TLV TWA	5	5	1	1	10	0,1	0,15	0,05
F1	0,067	0,041	0,19	4,1	0,33	0,038	0,055	Imp.

##### R II - TALLER DE TUBOS II

F6	0,720	0,010	0,54	3,15	0,27	Inap	Inap	Inap
----	-------	-------	------	------	------	------	------	------

#### \* Humos de soldadura

##### R I - TALLER DE TUBOS I

TLV TWA	5	1	1	0,2	5	0,1	0,150	0,050
F2	0,030	0,009	0,014	0,22	0,113	0,021	0,002	Inap.

##### R II - TALLER DE TUBOS II

F7	0,200	Inap	0,010	0,030	0,010	Inap	Inap	Inap
----	-------	------	-------	-------	-------	------	------	------

##### R III - BARCO EN CONSTRUCCIÓN

F1	0,111	0,007	0,002	0,007	0,183	Inap	Inap	Inap
F2	0,113	0,006	0,002	0,006	0,159	Inap	Inap	Inap

• Concentraciones en  $\mu\text{m}/\text{m}^3$



### IX.3.5 DISCUSION

#### IX.3.5.1 Riesgo higiénico agudo

##### DIOXIDO DE NITROGENO NO2

Previsiblemente donde esperábamos encontrar una mayor concentración de gases sería en el calentamiento de tubería con soplete. De hecho se determinaron 1,75 ppm, el mismo valor que en la soldadura, que aún siendo elevado, se encuentra suficientemente distante del valor del TLV-TWA correspondiente.

Nos sorprendió desagradablemente el hecho de que al realizar el calentamiento de la tubería con dos sopletes, el valor determinado no sólo se multiplicaba por dos, sino que llegaba a niveles mucho mas altos, 17 ppm, que únicamente podemos explicar por el aumento de temperatura experimentado al juntar ambos sopletes, que harían mas efectiva la transformación de las impurezas en nitrógeno que lleva la corriente del oxígeno comburente y sobre todo por el hecho comprobado de que cuando los sopletes de la soldadura oxi-acetilénica están quemando en vacío (sin soldar) producen una mayor cantidad de contaminantes.

Si calculamos el % de DMP según la fórmula antes indicada, tendremos:

$$\% \text{ DMP} = \frac{\text{C. media}}{\text{TLV-TWA}} \cdot \frac{360 \text{ min}}{480 \text{ min}} \cdot 100$$

\* Para el dióxido de nitrógeno    % DMP = 425 %

Tal como esperábamos, en el segundo muestreo se confirmó que la extacción localizada y las condiciones higiénicas mejoradas dieron unos resultados completamente positivos, obteniéndose para el dióxido de nitrógeno cantidades prácticamente inapreciables.

En el último caso de soldadura en el barco en construcción a pesar de la gran variabilidad por las condiciones atmosféricas en las que se hacen, se obtuvieron valores similares a la soldadura en nave cerrada.

#### MONOXIDO DE CARBONO CO

Las determinaciones de CO resultaron en todos los casos prácticamente cantidades inapreciables, excepto en el caso de calentamiento con dos sopletes, que al igual que en el parámetro anterior resultó sensiblemente superior a cuando el calentamiento se realiza con uno. En cualquier caso se determinó 10 ppm lejos del valor del TLV-TWA.

## DIOXIDO DE CARBONO CO2

Todo lo sugerido para el CO se puede aplicar a este parámetro, llegándose a medir en el caso más desfavorable del calentamiento con dos sopletes 1000 ppm lejos del valor del TLV-TWA.

## ANIONES DEL FUNDENTE

Ante la falta de información de la casa suministradora, decidimos hacer unas determinaciones en nuestro laboratorio para conocer la composición del fundente, al menos en sus constituyentes fundamentales.

### Composición del fundente "FLUX"

- Fluoruro potásico 27%
- Acido bórico 71%
- Fosfato sódico 0,5%

Los derivados del fósforo no se han tenido en cuenta dado su bajo contenido en el material base. El óxido de boro desde el punto de vista toxicológico se puede considerar inerte, por lo que con relación al fundente únicamente podremos achacarles posibles efectos irritantes debidos a fluoruros.

En el primer muestreo no disponíamos de material necesario, por lo que no fué posible su determinación, pero sí en el siguiente, obteniéndose resultados muy lejos del



valor del TLV-TWA.

### METALES

Según se puede deducir de las hojas de registro, estimamos la no existencia de riesgo higiénico agudo, en las fechas y horas que realizamos las medidas, para los siguientes compuestos:

- Oxido de hierro
- Oxido de níquel
- Oxido de cinz
- Oxido de manganeso
- Oxido de plata
- Oxido de cadmio
- Oxido de plomo

En el caso del catión cobre, se han medido niveles relativamente bajos en el proceso de soldadura del barco en construcción, debido sin duda a una mayor ventilación pero sobre todo a la ausencia del catión cobre en los materiales base.

No obstante en el proceso de fabricación cuprosa del taller de tubos, aún cuando en el segundo muestreo se consiguieron bajar las concentraciones ambientales debido a la mejor ventilación y extracción localizada, se obtuvieron unos resultados que indican la posible existencia de riesgo higiénico agudo para el óxido de cobre, al menos en los procesos de esmerilado, en los que se determinaron metales en polvo totales.

- Polvos metálicos totales en esmerilado:

CM 360 min

% DMP =  $\frac{\text{---}}{\text{---}} \cdot 100$

TWA 480 min

% DMP-1 = 307,50 %

% DMP-2 = 236,25 %

- Humos de soldadura

% DMP-1 = 82,50 %

% DMP-2 = 11,25 %

#### IX.3.5.2 Riesgo higiénico crónico

Con los valores de contaminantes obtenidos por un lado y con el sistema de trabajo habitual en esta empresa donde se alternan periodos de actividad laboral relacionados con soldadura con otros de otra naturaleza, podemos afirmar la no existencia de riesgo higiénico crónico para los trabajadores afectados.

#### IX.3.5.3 Resumen

Como resumen del estudio en soldadura y corte oxi-acetilénico, indicaremos que únicamente hemos encontrado un cierto riesgo higiénico en el caso de óxidos de nitrógeno, mucho más acentuado cuando se utilizaban dos sopletes de calentamiento, por las altas temperaturas

alcanzadas, y para el catión metálico cobre pero circunscrito al caso de polvos metálicos, y por supuesto para los casos en los que los metales base tengan un alto contenido en cobre.

## IX.4 SOLDADURAS POR ARCO ELECTRICO

### IX.4.1 CONDICIONES GENERALES

De un modo similar al procedimiento seguido en la soldadura oxi-acetilénica, hemos intentado hacer un recorrido por aquellos tipos de soldadura eléctrica más utilizados en la empresa. Dentro de cada modelo de soldadura hemos elegido aquellos lugares en los que más frecuentemente es utilizada, y además procurando realizar los muestreos cuando las condiciones ambientales eran tan desfavorables como para poder asegurar que la mayoría de los trabajadores van a desarrollar su actividad en condiciones similares o mejores a las analizadas.

Segun indicamos en el apartado anterior, la composición de los "humos de soldadura" o lo que es lo mismo, los contaminantes generados durante el proceso de soldadura, van a depender de la naturaleza de los materiales a soldar, que serán muy similares a los usados en la soldadura oxi-acetilénica; de la naturaleza de los materiales que componen el electrodo utilizado en ese momento; de la naturaleza del material de aporte a la soldadura cuando es necesario, y finalmente de la composición del gas protector de soldadura si se necesita su adición.

#### IX.4.2 SOLDADURA ELECTRICA M.A.G.

Este modelo de soldadura es uno de los más generalizados y conocidos por todos los profesionales del ramo. Como lugares más representativos dentro de nuestra empresa hemos elegido inicialmente el "taller de equipos", en el que se estaban uniendo por este método de soldadura de forma semiautomática una serie de barras metálicas. Seguidamente y de forma más exhaustiva, hemos analizado el proceso de soldeo en el "taller de prefabricación" durante la unión de una serie de bloques antes de su traslado a la grada para formar el casco del barco.

##### IX.4.2.1 RESULTADOS I

Como dijimos, uno de los lugares elegidos para hacer el seguimiento de la soldadura eléctrica M.A.G. fué el "taller de equipos", donde se estaban soldando por este sistema una serie de piezas metálicas constituidas fundamentalmente por aceros inoxidable. El gas protector de soldadura aplicado era del tipo ATAL, constituido por un 90% de Argon y un 10% de dióxido de carbono aproximadamente.

En este caso se han determinado las concentraciones ambientales de todos aquellos compuestos metálicos, que desde un punto de vista toxicológico pudieran tener interés ya fuera por los niveles de concentración esperados o por la propia toxicología del componente.

En el momento de realizar el muestreo no nos fué posible la determinación de gases tóxicos generados en la soldadura, pero como veremos posteriormente confirmadas, nuestras sospechas siempre fueron de que las concentraciones ambientales de estos gases debían ser bastante bajas.

Los resultados de estas primeras medidas los hemos reflejado en la tabla IX-3 (RI-A), siendo el resumen de los obtenidos en nuestras hojas de registro. En la tabla se ha indicado el valor del TLV-TWA de cada componente tóxico, las concentraciones ambientales medidas en cada muestra, el valor medio de dichas concentraciones (c media); el valor de esa concentración media corregida para 360 minutos de exposición real ( $\times M.C$ ) y finalmente el % de la D.M.P. en función de TLV-TWA de ese componente tóxico.

Como resultado de los niveles alcanzados por alguno de los contaminantes en el ambiente de este taller, se aconsejó extremar las medidas de ventilación y extracción así como la obligatoriedad de cumplir todas las normas higiénicas laborales en cuanto a protección personal.

Una vez transcurridos dos meses se volvió a repetir el muestreo en el mismo escenario, procurando que todas las demás condiciones laborales fueran lo más similares posibles a las primeras, incluyendo los

materiales y componentes de soldadura, a fin de comprobar la eficacia de las medidas adoptadas.

Los resultados de este segundo análisis se representan en la misma tabla IX-3, dentro del apartado RI-B.

**SOLDADURA ELÉCTRICA M.A.G.**  
**CONTAMINANTES OXIDOS METÁLICOS**

**R I - A - TALLER DE EQUIPOS**

	HIERRO	MANGANESO	CROMO	NÍQUEL
TLV - TWA	5	1	0,5	1
F - 1	12,210	1,990	0,070	0,010
F - 2	15,460	1,510	0,030	0,010
C M	11,835	1,750	0,050	0,010
X M C	10,376	1,312	0,037	0,007
% D M P	207,52	131,25	7,50	0,75

**R I - B - TALLER DE EQUIPOS**

F 11	6,000	0,655	0,007	0,018
F 12	5,350	0,670	0,003	0,010
F 13	4,666	0,573	0,005	0,015
F 14	3,335	0,400	Inaprec.	Inaprec.
F 15	5,036	1,250	"	0,010
F 16	3,239	0,340	"	Inaprec.
F 17	0,930	0,380	0,020	"
C M	4,079	0,609	Inaprec.	0,010
X M C	3,059	0,457	Inaprec.	0,007
% D M P	61,19	45,72	Inaprec.	0,72

• Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>

Tabla IX-3





#### IX.4.2.2 RESULTADOS II

En segundo lugar hemos elegido el taller de prefabricados porque es sin duda la zona más representativa de este tipo de soldadura en toda la empresa. En el momento de realizar el muestreo se estaban realizando soldaduras en un mamparo situado horizontalmente sobre el suelo del piso, que posteriormente se unirá a otros para la formación de bloques.

Fundamentalmente el material a soldar se componía de aceros al carbono, y se estaban utilizando alternativamente hilo cobreado macizo (STABILAR) e hilo tubular OK (TUBROD). El gas protector de soldadura era ATAL (90% Argon y 10% CO<sub>2</sub>) a un caudal entre 12 y 18 litros/min.

Una de las finalidades del muestreo era estudiar la influencia que la extracción localizada va a tener en la concentración de tóxicos ambientales. Para ello, en los dos casos en que se tomaron muestras primero se hizo durante un tiempo en que la extracción estaba parada. Seguidamente se puso a funcionar, y una vez transcurrido el tiempo necesario para que el sistema se estabilizara, se realizó un segundo muestreo.

Además de los contaminantes metálicos determinados en el apartado anterior, creimos conveniente hacer un "barrido" de todos aquellos que teníamos sospechas

de que pudieran estar presentes en el ambiente en concentraciones apreciables, y tuvieran interés por su efecto toxicológico. Igualmente tuvimos oportunidad de determinar los gases tóxicos generados durante la soldadura y que como veremos, confirmaron nuestras sospechas de estar presentes en concentraciones muy lejanas al valor del TLV.

Los resultados de este primer análisis del taller de prefabricación se indican en las tablas IX-4 y IX-5 con los parámetros característicos de cada compuesto contaminante.

# SOLDADURA ELÉCTRICA M.A.G.

## CONTAMINANTES GASEOSOS

### R II - TALLER DE PREFABRICACIONES

#### • Sin extracción

	MONÓXIDO DE CARBONO	DIOXIDO DE CARBONO	DIOXIDO DE NITRÓGENO
TLV - TWA	50	5000	3
M 1	10	Inap.	Inap.
M 3	Inap.	Inap.	Inap.

#### • Con extracción

M - 2	Inap.	Inap.	Inap.
M - 4	Inap.	Inap.	Inap.

#### • Concentraciones en p.p.m.

Tabla IX-4



**SOLDADURA ELÉCTRICA M.A.G.**  
**CONTAMINANTES OXIDOS METÁLICOS**

**R II - TALLER DE PREFABRICADOS**

• Sin extracción

	Fe	Mn	Cr	Ni	Zn	Cu	Cd	Sn	Mo	V	Ti
TLV TWA	5	1	0,5	1	5	0,2	0,05	2	5	0,05	10
F-1	2,989	1,443	0,006	Inap	10,994	0,172	Inap	Inap	Inap	Inap	Inap.
F-2	9,780	6,810	0,010	"	28,210	0,090	0,02		"	"	"
C M	6,384	4,126	0,008		19.602	0,131	0,01				
XMC	4,788	3,094	0,006		14,701	0,098	0,007				
% DMP	95,76	309,48	1,2		294,03	49,12	15				

• Con extracción

F-1	0,858	0,235	Inap	Inap	2,228	0,037	Inap	Inap	Inap	Inap	Inap
F-2	0,778	0,744	0,011	"	3,734	0,011	"	"	"	"	"
C M	0,818	0,489	0,005		2,981	0,024					
XMC	0,613	0,367	0,004		2,236	0,018					
% DMP	12,27	36,71	0,08		44,71	9					

• Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>

Tabla IX-5



#### IX.4.2.3 RESULTADOS III

Dadas las magnitudes físicas del taller de prefabricación y de la intensidad del proceso de soldadura M.A.G en él desarrollada, creemos que es un lugar muy adecuado para un análisis más exhaustivo de esta soldadura. Por ello volvimos a programar otro muestreo en este mismo taller, en el momento en que se estaban uniendo una serie de bloques mediante soldadura al aire de la nave, aún cuando en algunos casos, dada la magnitud del bloque, había lugares de soldadura tan cerrados que era necesaria una extracción localizada por parecer zonas completamente estancas. Por supuesto que la mayor parte de las muestras las tomamos en trabajadores que estaban soldando en estos lugares cerrados, y en los que los materiales base en el momento del muestreo se componían fundamentalmente de aceros inoxidable y al carbono.

Se tenía la sospecha de que alguna de los pinturas de imprimación dadas a los materiales que se estaban soldando pudiera tener entre sus componentes plomo, por lo que se creyó oportuno en este caso hacer también la determinación del óxido de plomo.

Los resultados de este muestreo se representan en la tabla IX-6 con los parámetros correspondientes a cada contaminante.





**SOLDADURA ELÉCTRICA M.A.G.**  
**CONTAMINANTES OXIDOS METÁLICOS**

**R III - TALLER DE PREFABRICADOS**

	Fe	Mn	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb
TLV-TWA	5	1	0,5	1	0,2	5	0,15
F 1	1,789	0,736	0,023	0,035	0,070	0,199	Inap.
F 2	4,893	2,227	0,071	0,085	0,113	0,411	"
F 3	3,263	1,415	0,035	0,047	0,1056	0,374	"
F 4	4,600	1,777	0,044	0,044	0,133	0,356	"
F 5	6,8888	3,139	0,111	0,056	0,250	0,694	"
F 6	3,279	1,292	0,027	0,054	0,014	0,285	"
F 7	2,830	1,145	0,025	0,025	0,101	0,239	"
F 8	10,247	3,741	0,049	0,024	0,222	0,926	"
C M	4,724	1,934	0,048	0,046	0,126	0,435	"
X M C	3,543	1,450	0,036	0,035	0,094	0,327	"
% D M P	70,85	145,05	7,22	3,47	47,25	6,33	"

• Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabla IX-6



#### IX.4.2.4 Discusión

Haciendo una revisión de los resultados obtenidos para cada contaminante generado por la soldadura eléctrica M.A.G en cada uno de los lugares y circunstancias analizadas, podemos deducir las siguientes conclusiones:

-- LA IMPORTANCIA FUNDAMENTAL DE LA EXTRACCION LOCALIZADA Y LA VENTILACION ASISTIDA a la hora de mejorar las condiciones ambientales del lugar de trabajo. Cuando estos procedimientos de ayuda se emplean adecuadamente, las concentraciones ambientales tanto de gases tóxicos como de óxidos metálicos pueden verse disminuidas en proporciones que oscilan entre 2 y 10 veces las originales. En nuestro caso, el óxido de hierro disminuyó entre 3,5 y 7,9 veces; el óxido de manganeso entre 3,0 y 8,9 veces; el óxido de cinc 6,6 veces, y el óxido de cobre 5,5 veces.

-- EL OXIDO DE MANGANESO ha sido el único contaminante atmosférico de todos los analizados que cuando las condiciones de aireación y extracción no son buenas, se ha mantenido por encima del TLV-TWA, llegando a estar su % D.M.P entre 130 y 310, lo que constituiría un riesgo higiénico para este óxido. En el caso de que las condiciones de ayuda higiénica funcionen perfectamente, dicho riesgo desaparece, siendo su % CMP del orden del 50%.

-- Algo parecido, aunque menos acentuado, se podía decir del OXIDO DE HIERRO, habiendo llegado el % DMP al 200 en el caso de no existir ninguna ayuda. Sin embargo cuando hay algo de aireación o la intensidad de la soldadura no es muy alta, el riesgo higiénico desaparece, estando el % DMP por debajo del 90 %; y por supuesto desciende aún más cuando las ayudas higiénicas funcionan adecuadamente.

-- Para los gases tóxicos analizados, consideramos la NO EXISTENCIA de riesgo higiénico, puesto que las cantidades determinadas fueron prácticamente inapreciables excepto (como cabría esperar por la composición del gas de aporte), en el caso del monóxido de carbono cuando la extracción localizada es deficiente, que tenía una concentración de 10 ppm frente al valor del TLV-TWA que es 50 ppm.

-- La NO EXISTENCIA de riesgo higiénico para los compuestos derivados del plomo, ya que en el caso analizado las cantidades determinadas han sido inapreciables. Esta conclusión se confirmará posteriormente con las determinaciones biológicas a los trabajadores afectados.

### IX.4.3 SOLDADURA ELECTRICA M.I.G.

Como complemento a todas las determinaciones en las que los materiales base soldados estaban formados por aceros al carbono o inoxidables, creimos interesante completarlos con las referentes a contaminación por soldadura de materiales de aluminio, por ser este metal ampliamente utilizado en los procesos de producción de nuestra empresa.

#### IX.4.3.1 RESULTADOS I

En la soldadura del aluminio se utiliza fundamentalmente el método eléctrico M.I.G ya descrito anteriormente, y como zona representativa donde realizar los muestreos elegimos el "Taller Auxiliar de Aceros" por la intensidad de esta soldadura en él desarrollada.

En las primeras muestras determinamos las concentraciones ambientales de todos aquellos metales que teníamos sospecha pudieran estar presentes.

Los resultados nos confirmaron que la mayor cantidad de contaminante que forman estos humos de soldadura en el caso del aluminio está formado por el óxido del propio metal.

Con las siguientes muestras únicamente determinamos las concentraciones de aluminio como óxido.

Los resultados para este tipo de soldadura aplicada al aluminio se reflejan en la tabla IX-13 con los parámetros característicos del aluminio.

**SOLSADURA ELECTRICA M.I.G.**  
**CONTAMINANTES OXIDOS METÁLICOS**

**R I - A TALLER DE AUXILIAR DE ACEROS**

	Fe	Mn	Cr	Ni	Al	Cu	Zn	Mo	Sn	V	Cd	Pb	Ti
TLV TWA	5	1	0,5	1	10	0,2	5	5	2	0,050	0,050	0,150	10
F1	0,128	0,010	0,010	Inap	6,438	0,019	0,038	Inp	Inp	Inap	Inap	Inap	Inp
F2	0,193	0,066	0,016	0,007	8,500	0,022	0,075	"	"	"	"	"	"

**R I - B TALLER DE AUXILIAR DE ACEROS**

	Aluminio
F 3	2,888
F 4	3,185
F 5	4,785
F 6	5,960
F 7	8,400
F 8	4,275
F 9	5,709
F 10	4,872
C.M	5,009
X M C	3,757
% D.M.P.	37,57

**NOTA.- Concentracioen en mg/m<sup>3</sup>**

Tabla IX-13





#### IX.4.3.2 Discusión

Según se observa en la tabla IX-13, podemos afirmar la NO EXISTENCIA de riesgo higiénico para el proceso de soldadura M.I.G. aplicada al aluminio, aún cuando el nivel de concentraciones ambientales soportado por los trabajadores que la utilizan puede considerarse del orden del 35% de la D.M.P.

#### IX.4.4 SOLDADURA ELECTRICA CON ELECTRODO REVESTIDO

##### IX.4.4.1 Descripción

De todas las soldaduras sin ninguna duda la más popular y conocida es la que se realiza con un electrodo delgado como una varilla que se coloca al final de unas pinzas. En este tipo de soldadura el arco eléctrico se forma entre este delgado electrodo y las piezas a soldar. El material de aporte necesario para favorecer la soldadura se suministra en el propio electrodo en forma de un revestimiento que es de donde recibe el nombre de "electrodo revestido".

La naturaleza de este revestimiento va a ser muy variada como ya dijimos, y va a marcar la diferencia con las soldaduras anteriormente analizadas en cuanto al tipo de contaminantes generados, ya que los materiales base a soldar van a ser muy similares en todos los casos.

##### IX.4.4.2 RESULTADOS I

El primer lugar elegido para el estudio de este modelo de soldadura fué el "Taller de Equipos" anteriormente citado; en dicho taller se reunían tales condiciones de deficiencia en la ventilación, espacio reducido y cerrado, poca extracción, gran actividad laboral de soldadura...etc, que nos hizo pensar presentaba las

condiciones más desfavorables de la empresa en cuanto a este tipo de soldadura se refiere.

En el momento del muestreo se estaban soldando piezas compuestas fundamentalmente por acero inoxidable. El electrodo que se emplea habitualmente se compone de alma de varilla de unos 4 mm con un alto contenido en cromo y níquel y un revestimiento del denominado "Rutilo" que es quizás el tipo más generalizado, y que aunque su composición puede ser variada, no suele diferir mucho de la siguiente:

- Rutilo (TiO <sub>2</sub> ) .....	55% (puede llegar al 95%)
- Ferromanganeso .....	12%
- Magnesita .....	9%
- Bentonita .....	8%
- Silicato cálcico ...	8%
- Mica .....	8%

La frecuencia normal del trabajo suele estar comprendida entre 1,5 y 3 minutos por electrodo consumido.

Los resultados obtenidos en este primer análisis se reflejan en la tabla IX-7 (RI-A) y se determinaron aquellos compuestos metálicos anormalmente presentes en este tipo de soldadura eléctrica.

Como podíamos suponer, las concentraciones ambientales determinadas en este taller fueron relativamente altas, tal como nos había ocurrido al medir

en este mismo lugar los contaminantes generados por la soldadura M.A.G. Así pues, aprovechando que debido a estos altos niveles se extremaron todas las condiciones higiénicas de ventilación y extracción, como dijimos en el apartado anterior, realizamos un segundo muestreo tres meses después, cuando se trabajaba en soldar piezas por este mismo procedimiento de electrodo revestido.

Los resultados de este segundo muestreo los reflejamos en la tabla IX-7 (RI-B), y nos confirmaron la eficacia de las medidas adoptadas.

# SOLDADURA CON ELECTRODO REVESTIDO

## CONTAMINANTES OXIDOS METÁLICOS

### R I - A - TALLER DE EQUIPOS

MUESTRAS	HIERRO	MANGANESO	CROMO	NÍQUEL
TLV - TWA	5	1	0,5	1
F 1	9,000	2,270	3,400	0,630
F 2	10,090	2,790	4,110	0,730
F 3	7,360	1,780	2,830	0,510
F 4	5,360	1,220	1,770	0,140
F 5	8,470	2,280	3,170	0,230
F 6	11,480	2,790	4,420	0,830
F 7	7,570	2,090	3,150	0,560
C M	8,475	2,174	3,264	0,518
X M C	6,356	1,630	2,448	0,388
% D M P	127,13	163,07	489,64	38,89

### R I - B - TALLER DE EQUIPOS

F 11	5,163	0,937	1,583	0,863
F 12	4,914	1,020	1,445	0,822
F 13	1,767	2,505	0,657	0,214
F 14	1,190	0,800	0,200	0,223
C M	3,258	1,315	0,971	0,5305
X M C	2,444	0,986	0,728	0,3978
% D M P	48,87	98,66	145,68	39,78

• Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>

Tabla IX-7



#### IX.4.4.3 RESULTADOS II

Como ya ocurrió en el caso de soldadura oxi-acetilénica (corte), también ahora creimos interesante realizar unos muestreos durante los procesos de soldadura con electrodo revestido, realizados durante la construcción del barco. Ya indicamos que este escenario es completamente distinto a los talleres ya que debido a la gran ventilación natural que hay en algunas zonas, al menos durante las primeras fases de construcción, hace que en muchas ocasiones es como si la soldadura se realizara en plena atmósfera. En el caso en que las zonas sean más profundas y estancas, en todo momento funcionaban perfectamente la ventilación asistida y extracción localizada por manguerotes.

En el primer muestreo el trabajo se realizaba en la segunda cubierta, soldando unos materiales base formados por una aleación de cuproníquel. El electrodo empleado era del modelo MONEL 187 con un revestimiento tipo "básico" que suele estar formado fundamentalmente por fluorita hasta un 25%. Los resultados se presentan en la tabla IX-8 (RII-A).

El segundo muestreo se realizó unos días después, con unas condiciones similares pero en una zona del barco más profunda y cerrada, con deficiencias de aireación natural pero donde funcionaban perfectamente la ventilación



asistida y extracción. Los resultados de este muestreo se presentaban en la tabla IX-8 (RII-B) y en su mayor parte los materiales base soldados estaban formados por acero inoxidable y aceros al carbono.

# SOLDADURA CON ELECTRODO REVESTIDO

## CONTAMINANTES OXIDOS METÁLICOS

### R II - A - BARCO EN CONSTRUCCIÓN

	HIERRO	MANGANESO	COBRE	NÍQUEL	MAGNESIO	CALCIO
TLV - TWA	5	1	0,2	1	10	2
F 1	0,016	Inaprec.	0,021	Inapc.	0,026	0,659
F 2	0,011	"	0,014	"	0,008	0,210
F 3	0,004	"	0,011	"	0,004	0,053
F 4	0,008	"	0,084	"	0,004	0,131
C M	0,10		0,033		0,010	0,263
X M C	0,007		0,024		0,008	0,197
% D M P	1,46		12,19		0,07	9,87

### R II - B - BARCO EN CONSTRUCCIÓN

	HIERRO	MANGANESO	CROMO	NÍQUEL	ALUMINIO
TLV - TWA	5	1	0,5	1	10
F 11	4,208	0,046	0,029	0,100	0,125
F 12	4,541	0,052	0,059	0,191	0,100
F 13	3,670	0,030	0,051	0,100	0,140
F 14	3,891	0,033	0,044	0,166	0,066
F 15	5,685	0,090	0,187	0,135	Inaprec.
F 16	1,100	0,010	0,100	0,205	0,250
C M	3,8491	0,0435	0,078	0,149	0,114
X M C	2,886	0,0326	0,059	0,112	0,085
% D M P	57,73	3,26	11,75	11,21	0,85

• Concentración en mg/m<sup>3</sup>

Tabla IX-8



#### IX.4.4.4 RESULTADOS III

Pero quizás el lugar representativo de la soldadura eléctrica con electrodo revestido sea el Taller de Maquinaria, tanto por el número de trabajadores a los que puede afectar la contaminación como por las condiciones atmosféricas que presenta.

El primer muestreo lo realizamos durante el proceso de soldadura de una serie de bloques situados a lo largo de la zona de calderería de hierro. El material base a soldar estaba constituido por mezclas de aceros al carbono e inoxidables, y los electrodos utilizados eran en su mayoría de los modelos SHERUNK 52 W y CMK 56 H, en los que según los fabricantes, además del Fe que constituía el 98%, también tenían C, Si, Mn y P.

Los resultados se reflejan en la tabla IX-9, y únicamente hemos determinado aquellos contaminantes que debido a los materiales base a soldar se sospechaba pudieran tener concentraciones ambientales significativas; los demás no se han determinado porque debido a la muy buena ventilación del taller y al perfecto funcionamiento de la extracción localizada en cada puesto de soldadura, se tenía total garantía de que iba a haber concentraciones muy bajas.

A la hora de calcular los parámetros estadísticos, en el caso del manganeso y cromo cuando el valor determinado ha sido inapreciable, se ha sustituido dicho valor por el límite de detección de ese metal, considerando que no tendría esta sustitución ninguna significación desde el punto de vista toxicológico en los valores de concentraciones medias y % DMP.

A fin de tener unos datos más fiables de la contaminación que puede generar este tipo de soldadura en unas naves cerradas, programamos un segundo muestreo en este mismo taller tres meses después del primero. En el momento de realizar las determinaciones se estaban soldando una serie de piezas metálicas a las que se había sometido a algún tipo de galvanizado, por medio de electrodos con un revestido de carácter básico.

Los resultados de este segundo análisis se representan en la tabla IX-10 (RIII-B).

**SOLDADURA CON ELECTRODO REVESTIDO**  
**CONTAMINANTES OXIDOS METÁLICOS**

**R III - A - TALLER DE MAQUINARIA**

	HIERRO	MANGANESO	CROMO	NÍQUEL	VANADIO
TLV - TWA	5	1	0,5	1,0	0,050
F 1	0,666	0,128	Inaprec.	Inaprec.	Inaprec.
F 2	0,849	0,198	"	"	"
F 3	0,549	0,036	"	"	"
F 4	1,322	2,090	0,10	"	"
F 5	3,829	0,490	0,016	"	"
F 6	0,367	Inaprec.	Inaprec.	"	"
F 7	2,824	0,357	0,011	"	"
F 8	2,455	Inaprec.	Inaprec.	"	"
F 9	0,297	0,048	"	"	"
F 10	0,351	0,768	"	"	"
F 11	0,378	0,054	"	"	"
F 12	0,216	0,032	"	"	"
F 13	3,654	0,876	0,049	"	"
F 14	0,740	0,197	Inaprec.	"	"
F 15	0,604	0,172	"	"	"
F 16	0,900	0,287	"	0,025	"
F 17	0,418	0,01	"	0,025	"
C M	1,3776	0,3532	0,00658		
X M C	1,0332	0,2649	0,00494		
% D M P	20,66	26,49	1		

• Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>

Tabla IX-9



# SOLDADURA CON ELECTRODO REVESTIDO

## CONTAMINANTES OXIDOS METALICOS

R III - B - TALLER MAQUINARIA

	HIERRO	MANGANESO	CROMO	SILICIO	COBRE	CINZ
TLV-TWA	5	1	0,5	10	0,2	5
F 21	6,200	0,966	0,036	0,20	0,066	0,080
F 22	5,70	0,900	0,026	0,160	0,060	0,084
F 23	2,933	0,466	0,016	0,033	0,066	0,106
F 24	5,275	0,650	0,047	0,037	0,075	0,081
F 24	5,625	0,725	0,022	0,112	0,025	0,067
F 26	2,266	0,283	0,026	0,033	0,100	Inap
F 27	2,625	0,325	0,035	0,025	0,075	0,075
F 28	6,087	0,600	0,040	0,225	0,025	0,078
F 29	5,20	0,253	0,025	0,383	0,025	0,291
F 30	3,36	0,334	0,010	0,400	0,058	0,124
F 31	3,000	0,321	0,005	0,166	0,053	0,260
F 32	3,680	0,380	0,010	0,360	0,060	0,104
F 33	4,072	0,351	0,012	0,363	0,043	0,369
F 34	3,360	0,334	0,020	0,300	0,048	0,052
F 35	3,040	0,282	0,020	0,200	0,046	0,312
F 36	3,280	0,342	0,022	0,320	0,068	0,080
F 37	2,133	0,185	0,020	0,333	0,038	0,030
F 38	2,057	0,262	0,020	0,300	0,034	0,082
F 39	3,066	0,295	0,025	0,183	0,045	0,166
C.M	3,8373	0,4344	0,023	0,2333	0,9563	0,1285
X C M	2,8779	0,3258	0,0172	0,1749	0,0422	0,0964
% DMP	57,55	3,25	3,45	1,74 %	21,11	1,92

• Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>

Tabla IX-10





#### IX.4.4.5 RESULTADOS IV

En el taller de prefabricación se alternan los diversos tipos de soldadura, por lo que en la temporada en que se empleaba mayoritariamente la eléctrica con electrodo revestido aprovechamos para realizar un estudio bastante extenso de las condiciones atmosféricas en las que los trabajadores desarrollaban su labor.

Por el número de muestras tomadas, creemos que este análisis es una buena referencia de las concentraciones existentes en lugares cerrados en los que se practique la soldadura eléctrica con electrodo revestido y que tengan unas buenas condiciones de ventilación y extracción.

En el periodo en que realizamos el muestreo se realizaba fundamentalmente la soldadura de acero al carbono, por medio de soldadura eléctrica con electrodo revestido por un material de composición básica.

Los resultados obtenidos y los componentes analizados se expresan en la tabla IX-11.



# SOLDADURA CON ELECTRODO REVESTIDO

## CONTAMINANTES OXIDOS METALICOS

### R IV - TALLER DE PREFABRICACION

	Fe	Mn	Cr	Ni	Si	Cu	Ca
TLV.TWA	5	1	0,5	1,0	10	0,2	2
F 1	10,500	1,700	0,110	0,005	2,020	0,090	0,170
F 2	3,750	0,666	0,010	0,003	1,716	0,020	1,166
F 3	6,437	1,162	Inap	Inap	1,225	0,060	0,150
F 4	5,000	0,960	0,005	0,002	4,026	0,029	0,160
F 5	2,875	0,175	0,003	Inap	0,412	0,020	0,487
F 6	3,823	0,925	Inap	Inap	2,223	0,016	0,164
F 7	2,250	0,116	0,003	0,003	0,250	0,033	0,166
F 8	3,076	0,138	Inap	Inap	0,815	0,024	0,338
F 9	4,200	1,106	0,002	0,002	1,773	0,013	1,400
F 10	2,000	0,476	Inap	Inap	1,046	0,015	0,876
F 11	3,307	0,430	0,003	Inap	1,661	0,009	0,184
F 12	5,833	0,283	0,003	Inap	1,050	0,016	0,350
F 13	3,714	0,157	0,002	Inap	0,628	0,014	0,285
F 14	10,222	1,611	Inap	Inap	2,033	0,068	0,155
F 15	10,000	2,000	Inap	Inap	2,330	0,078	0,570
F 16	6,421	0,357	0,008	Inap	2,126	0,147	0,515
F 17	1,783	0,200	0,010	Inap	0,616	0,058	0,700
F 18	3,090	0,290	0,012	Inap	0,945	0,181	0,963
F 19	2,416	0,266	0,008	Inap	0,353	0,170	0,383
F 20	8,500	0,487	0,011	Inap	3,000	0,212	0,837
F 21	3,688	0,344	0,005	Inap	0,433	0,053	0,144
F 22	6,000	0,368	0,012	Inap	1,473	0,129	0,852
F 23	2,861	0,323	0,010	Inap	0,615	0,018	0,692
F 24	1,300	0,240	0,014	Inap	0,600	0,220	0,680
F 25	2,430	0,230	0,012	Inap	0,769	0,046	0,815
F 26	1,150	0,137	0,007	Inap	0,387	0,081	0,500
F 27	1,471	0,142	0,007	Inap	0,414	0,145	0,514
F 28	2,933	0,266	0,008	Inap	0,800	0,033	0,893
F 29	1,633	0,216	0,008	Inap	0,414	0,033	0,783
F 30	0,533	Inap	0,005	Inap	Inap	0,008	0,616
F 31	0,680	Inap	0,006	Inap	Inap	0,012	0,740
F 32	1,680	0,320	Inap	Inap	0,680	0,028	0,600
F 33	1,818	0,527	Inap	Inap	0,890	0,020	1,600
F 34	1,785	0,428	Inap	Inap	0,887	0,016	0,928
F 35	2,769	0,230	Inap	Inap	0,661	0,020	0,461
F 36	2,142	0,242	Inap	Inap	0,757	0,028	0,571
F 37	1,520	0,226	Inap	Inap	0,371	0,017	0,413
F 38	0,750	0,233	Inap	Inap	0,350	0,008	0,733
F 39	1,272	0,145	Inap	Inap	0,500	0,020	0,418
F 40	3,333	0,416	Inap	Inap	0,833	0,040	1,533
F 41	3,000	0,528	Inap	Inap	0,857	0,055	1,100
F 42	2,533	0,306	Inap	Inap	0,400	0,053	0,813
F 43	0,890	0,127	Inap	Inap	0,040	0,027	0,309
F 44	1,000	0,196	Inap	Inap	0,178	0,019	0,428
F 45	4,000	0,250	Inap	Inap	1,025	0,038	1,062
C M	3,385	0,444	Inap	Inap	0,990	0,054	0,627
X M C	2,539	0,333	Inap	Inap	0,743	0,041	0,470
% DMP	50,77	3,27	Inap	Inap	7,42	20,33	23,51



#### IX.4.4.6 Discusión

Los resultados de este apartado referidos a la soldadura con electrodo revestido sirven para confirmarnos todo lo dicho en los otros tipos de soldadura:

- La ventilación asistida cuando la aireación natural es débil y la extracción localizada tienen una IMPORTANCIA PRIMORDIAL a la hora de conseguir un buen ambiente laboral en las zonas de trabajo. Basta con extremar estas medidas higiénicas para hacer que aquellos lugares en los que se presenta un cierto riesgo higiénico pasen en poco tiempo a situaciones completamente aceptables.

- Cuando se toman esas medidas higiénicas podemos afirmar la NO EXISTENCIA de RIESGO HIGIENICO para ninguno de los contaminantes analizados en el proceso de soldadura eléctrica con electrodo revestido.



**CAPITULO X**  
**OTRAS CONTAMINACIONES**





## X.1 CONTAMINACION POR PINTURAS

### X.1.1 CONDICIONES GENERALES

El pintado es otro proceso industrial que puede causar problemas de contaminación en los ambientes laborales y lógicamente en una empresa de construcción naval la incidencia que su aplicación tiene en los barcos de nueva construcción y en los que requieren labores de carenado es primordial.

Los contaminantes que tienen su base de formación en las pinturas son muy numerosos, debido a la gran variedad de compuestos que entran en su constitución y a la fácil volatilidad de muchos de ellos. Estos compuestos pueden entrar a formar parte de los propios pigmentos, de los aditivos añadidos con distintos fines, de los disolventes...etc.

De cualquier forma, siguiendo la pauta de casos anteriores, nosotros nos vamos a limitar a la determinación de aquellos que de alguna forma tengan como componentes fundamentales los metales.

Como dos claros ejemplos de la manera que las pinturas van a poder incidir en la contaminación del

ambiente laboral y que por supuesto son frecuentemente aplicados en nuestra empresa, hemos elegido en primer lugar los tóxicos generados durante la soldadura de piezas a las que se aplicó anteriormente una pintura de imprimación protectora. Naturalmente el segundo caso va a ser la contaminación aportada al medio ambiente durante el propio proceso de pintado de barcos en construcción.

#### X.1.2 RESULTADOS I

En la descripción de los contaminantes generados durante el proceso de soldadura ya indicamos que una de las fuentes fundamentales era la debida a las pinturas de imprimación que se hayan añadido a los materiales base a soldar con el fin de protegerlos. Obviamente, los óxidos metálicos formados dependerán de la composición y de la "volatilidad" de los propios metales que los forman.

El escenario elegido ha sido el taller de Calderería de Hierro en el que se estaban soldando una serie de piezas de acero al carbono a las que se había añadido una cubierta de pintura EPOXI, y de la que sabíamos que se denominaba 12 H de GLASURIT y tenía un alto contenido en CINC.

El tipo de soldadura que se estaba empleando era la eléctrica con electrodo revestido del modelo CITOBASICO-110 con revestimiento tipo básico, y un material de aporte que en su parte metálica tenía una composición





similar a la siguiente:

C .....	0,08%
Si .....	0,25%
Mn .....	0,80%
Ni .....	0,40%
Cu .....	0,60%

En todo el tiempo que nosotros estuvimos presentes se utilizaban todas las medidas de protección personal reglamentarias. El sistema de extracción de humos en los puntos de soldadura se alimentaba a través de dos extractores eléctricos modelos COT 60 y COT 100, pero durante el desarrollo del muestreo pudimos observar la mala utilización que de él se hacía, por lo que creemos que su eficacia puede ser casi nula.

Debido a esta mala utilización, de las cuatro muestras programadas para esta actividad, en el caso de los filtros F1 y F3 colocamos la boquilla de entrada del aire a la bomba en una zona muy próxima pero exterior a la pantalla de protección personal utilizada por el soldador. Para los filtros F2 y F4 la boquilla de entrada se colocó en el interior de dicha pantalla y muy cercana a las vías respiratorias del trabajador.

Con ello se pretendía comprobar si había alguna diferencia en los niveles de concentración, en función de la distancia al foco contaminante y de la barrera física que constituye la pantalla protectora.

Los resultados de este primer muestreo para todos aquellos componentes metálicos que supusimos podían estar presentes en el ambiente laboral se reflejan en la tabla X-1.

# **IMPRIMACION EPOXI (SOLDADURA)** **CONMAMINANTES OXIDOS METALICOS**

## **R I - TALLER DE CALDERERIA DE HIERRO**

	HIERRO	MANGAN	COBRE	ZINC	CADM.	CALCIO
TLV - TWA	5	1	0,5	5	0,050	2
F 1 *	0,926	0,296	0,009	2,142	Inap	0,936
F 2	2,222	0,666	0,008	5,607	"	1,248
F 3 *	8,099	1,682	0,022	3,067	"	5,234
F 4 *	4,984	1,028	0,016	2,300	"	4,361
C.M	4,057	0,918	0,013	3,279	"	2,944
X M C	3,043	0,688	0,010	2,459	"	2,208
% D M P	60,86	68,85	2,06	49,18	"	110 %

**Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>**

**Tabla X-1**





### X.1.3 RESULTADOS II

#### X.1.3.1 Descripción

Segun dijimos, el segundo proceso industrial contaminante derivado de la pintura es el propio proceso de pintado, en todas sus formas de aplicación, tanto manuales como automáticas. Durante esta actividad laboral se genera una amplia gama de componentes tóxicos (mayoritariamente como vapores orgánicos), pero también derivados de varios metales, en función de la naturaleza de los pigmentos constituyentes.

Como es natural, por la propia actividad de nuestra empresa, nos ha parecido que el lugar más adecuado para hacer un análisis era el barco en su fase final de construcción, cuando la actividad de pintado del mismo alcanza su máximo nivel.

Las zonas elegidas para la toma de cada una de las muestras hemos procurado que fueran lo mas variadas posible, pero procurando que predominaran las zonas más profundas del barco y en las que las condiciones ambientales van a depender en gran manera de la ventilación asistida que se suministre, de forma que serán las más desfavorables que un pintor tenga que soportar.

A pesar de que el número de pinturas utilizadas en el barco es grande, nos hemos limitado a hacer un seguimiento a las del tipo de imprimación con MINIO.

Esta pintura es una de las consideradas más tóxicas por los trabajadores debido a su alto contenido en plomo, siendo este metal sin duda uno de los más estudiados hasta la fecha, y el único para el que la legislación de nuestro país aplica toda una serie de niveles y actuaciones tanto para las medidas ambientales como en fluidos biológicos.

Durante todas las fases de las determinaciones de este apartado y el siguiente, la pintura de imprimación aplicada era la denominada "MINIO DE PLOMO AL CLOROCAUCHO" TIPO F105, que lógicamente tiene al plomo como uno de sus constituyentes fundamentales. Como disolvente se utilizaba un producto orgánico no halogenado denominado WHITE-SPIRIT y que desde el punto de vista de componentes toxicológicos metálicos no tiene ninguna incidencia.

De las hojas de información técnica del fabricante que pudimos disponer, no nos fué posible sacar datos acerca de la composición de la pintura con respecto a metales, por lo que se analizó una muestra en nuestro laboratorio. De los resultados se deduce que la composición en cuanto a los metales analizados debe de ser muy similar a la siguiente:

- Pb ..... 21.1%
- Cr ..... 1.05%
- Cd ..... inapreciable
- Fe ..... 0.5%
- Cu ..... 0.003%
- Sb ..... inapreciable

Según esto, decidimos que los únicos metales que desde el punto de vista toxicológico podrían tener alguna incidencia eran el plomo y en un menor nivel el cromo.

#### X.1.3.2 RESULTADOS II-A

El muestreo de esta primera parte lo programamos para un barco en construcción durante las labores de pintado efectuadas por el personal de nuestra empresa. La forma más frecuente de aplicar la pintura es a brocha y a rodillo, y en menor medida aplicación a pistola. El trabajo completo consiste en:

- Limpieza y cepillado a mano de las zonas a pintar.
- Aplicación de la pintura a brocha, rodillo o pistola.

Como las labores de preparación de material y del equipo es diferente a los casos de soldadura, en este caso hemos considerado que el tiempo real de exposición de los trabajadores nunca supera los 420 minutos por jornada, que habrá que tener en cuenta a la hora de calcular el % de D.M.P.

En todo momento, al menos en nuestra presencia, se utilizaba la protección personal reglamentaria para las faenas de pintado, y cuando se creyó necesario, la ventilación asistida y extracción; de no hacerse así se reflejaba en nuestras hojas de registro.

Los resultados y las zonas del barco en que se tomó cada muestra se reflejan en la tabla X-2.

**PINTADO CON IMPRIMACION DE MINIO**  
**CONTAMINANTES METÁLICOS**

**R. II A - BARCO EN CONSTRUCCIÓN**

	PLOMO	CROMO	
TLV - TWA	150	500	
F 1	16,90	5,20	Acceso Babor Cámara Principal
F 2	23,4	2,90	Acceso Babor Cámara Principal
F 3	14,5	4,80	Acceso Babor Cámara Principal
F 4	14,8	2,40	Acceso Estribor Cámara Principal
F 5	19,2	3,80	Acceso Estribor Cámara Principal
F 6	18,5	4,20	Acceso Estribor Cámara Principal
F 7	34,0	6,50	Lavandería
F 8	27,3	3,50	Lavandería
F 9	32,1	2,70	Lavandería
F 10	12,9	3,40	Lavandería
C.H.	21,36	3,94	
X M C	18,69	3,44	
% D.M.P.	12,46	0,68	

**NOTA.- Concentraciones  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Tabla X-2



#### X.1.3.3 RESULTADOS II-B

Para completar las determinaciones del apartado anterior programamos un nuevo muestreo en el siguiente barco en construcción, durante los trabajos de pintado que se desarrollaban en condiciones muy similares a las del primer barco, y con los mismos componentes relativos a la pintura.

Los lugares de la toma de muestra hemos procurado que fueran lo mas variados posible, y se reflejan junto con los resultados en la tabla X-3.





# PINTADO CON IMPRIMACION DE MINIO

## CONTAMINANTES METÁLICOS

### R II - B BARCO EN CONSTRUCCIÓN

	PLOMO	CROMO	
TLV -TWA	150	500	
F 1	29,44	2,20	Pasillo de popa 2ª Cubierta
F 2	18,42	5,50	Pañol de contramaestre
F 3	11,25	3,00	Cámara de Auxiliares nº 2
F 4	20,49	3,70	Cámara de Auxiliares nº 2
F 5	10,67	2,60	Cámara de Auxiliares nº 2
F 6	12,67	2,00	Cámara de Auxiliares nº 2
F 7	50,70	6,50	Cámara de Auxiliares nº 1
F 8	16,67	3,80	Cámara de Auxiliares nº 2
F 9	17,22	2,70	Cámara de Auxiliares nº 2
F 10	17,96	5,90	Cámara de Auxiliares nº 2
F 11	9,83	2,18	Cámara de Auxiliares nº 2
F 12	11,07	1,80	Cámara de Auxiliares nº 2
F 13	11,12	2,40	Cámara de Auxiliares nº 2
F 14	22,06	3,20	Cámara de Auxiliares nº 1
F 15	23,80	2,90	Zona 2.467.1
F 16	25,30	3,40	Zona 2.467.1
F 17	20,80	6,90	Zona 2.467.1
F 18	16,67	6,70	Zona 2.467.1
F 19	15,46	6,60	Cuaderna 69.93
F 20	9,80	4,90	Cubierta de Hangar
F 21	13,33	7,10	Cubierta de Hangar
F 22	16,67	5,20	Pañol de Contramaestre
F 23	12,12	3,70	Nivel 01 - Babor
F 24	19,83	3,20	Nivel 01 - Babor
F 25	16,13	3,20	Cubierta de Hangar
C.M.	17,979	4,066	
X M C	15,732	3,558	
% D M P	10,48	0,71	

NOTA.- Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabla X-3



## X.2 CONTAMINACION POR PROCESOS MECANICOS

### X.2.1 CONDICIONES GENERALES

En una empresa como la nuestra dedicada a construcción de estructuras metálicas, se desarrolla una gran actividad de procesos mecánicos que de por sí no van a tener ninguna incidencia en cuanto a la contaminación ambiental se refiere. Pero esta actividad va a necesitar una serie de trabajos complementarios o auxiliares que, aunque suponemos que en general van a tener consecuencias contaminantes mínimas, sí hemos creído conveniente hacer un seguimiento de aquellas que con más frecuencia son utilizadas por tener algún índice de su posible repercusión en la salud de los trabajadores que regularmente prestan su trabajo en estas faenas.

La contaminación en estas labores en cuanto a componentes metálicos se refiere, va a estar formada en su mayoría por un conjunto de partículas metálicas que configuran un POLVO toxicológico. La naturaleza de este polvo de nuevo dependerá fundamentalmente de la composición de los materiales base mecanizados, y de la composición de aquellas partes de las máquinas que realizan el propio trabajo de mecanizado y que sufrirán un fuerte desgaste.

Debido a la presentación de esta contaminación en forma de POLVO metálico, los valores de TLV-TWA para las partículas totales depositadas y para algunos metales van a variar con respecto a los "humos de soldadura". Esta variación, como veremos en las tablas de datos correspondientes, hay que tenerla en cuenta a la hora de calcular el % de D.M.P.

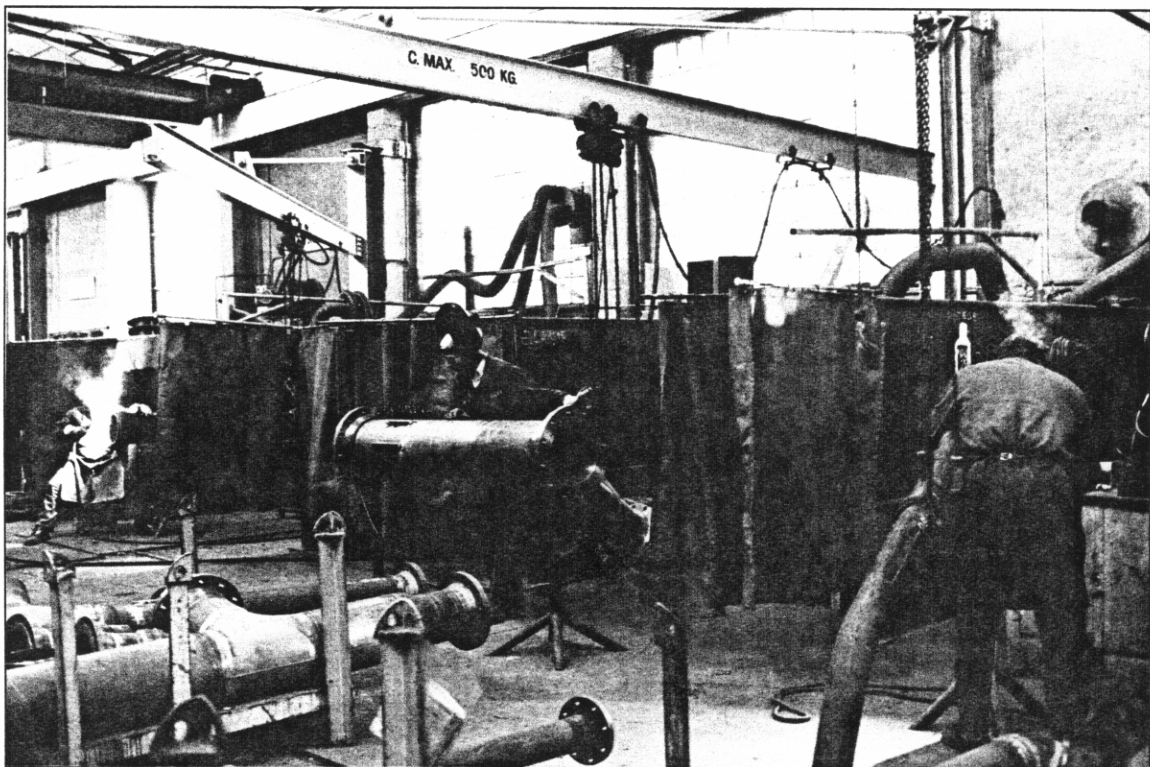
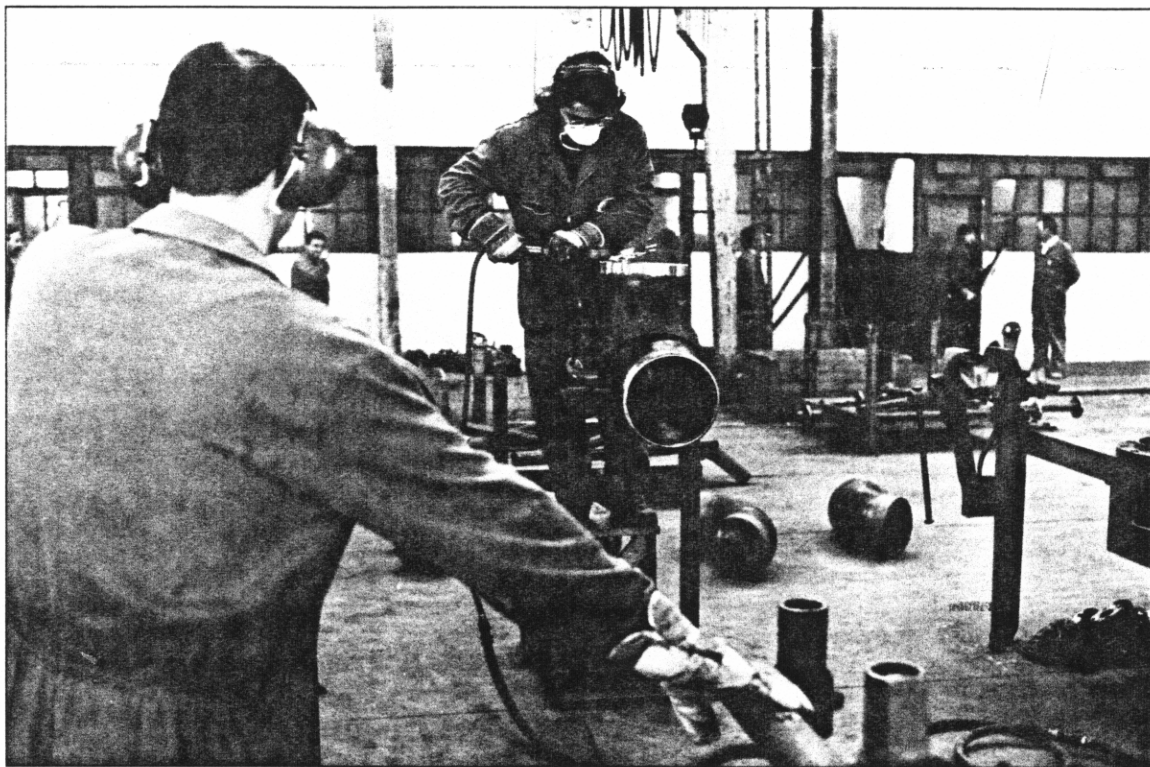
En cuanto al tiempo real de exposición para estos trabajos de mecanizado donde se requiere poca preparación previa, lo hemos calculado en 420 minutos como máximo, cantidad que hay que tener en cuenta a la hora de calcular la concentracipón media corregida (X.M.C) para cada muestreo.

#### X.2.2 RESULTADOS I

##### DESBASTADO Y AFILADO DE HERRAMIENTAS

Dentro del taller de maquinaria se dispone de un local para las labores de desbastado y afilado de cuchillas y herramientas que van a funcionar en el propio taller y que con frecuencia periódica se las somete a este mecanizado para conservar su eficacia laboral.

Para esta labor se utilizan máquinas denominadas "Muelas planas y de vaso" de las casas NORTON Y CARBORUNDUM que se basan en la aplicación de un abrasivo a las piezas a afilar o desbastar. Este abrasivo va a tener unos componentes fundamentales en todos los casos, pero va a



F-6 CONTAMINACIÓN POR MECANIZADO



- 257 -





## DEBASTADO Y AFILADO DE HERRAMIENTAS

### CONTAMINANTES METALICOS

#### R I - TALLER MAQUINARIA

	POLVO TOTAL	Fe	Mn	Cr	Ni	Al	Cu	Zn
TLV-TWA	10	5	5	0,5	1	10	1	10
F 1	1,31							
F 2		0,480	0,007	0,010	0,002	0,030	0,020	0,030
F 3		0,840	0,010	0,020	0,003	0,070	0,020	0,020
F 4		1,400	0,020	0,020	0,007	0,100	0,030	0,080
C M	1,31	0,906	0,012	0,017	0,004	0,066	0,023	0,043
X M C	1,146	0,793	0,011	0,014	0,003	0,058	0,020	0,038
% D M P	11,46	15,87	0,21	2,91	0,35	0,58	2,00	0,38

NOTA.- Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>

Tabla X-4



### X.2.3 RESULTADOS II

#### AMOLADO Y CALAFATEADO DE PIEZAS

Después de todos los trabajos para dar a la estructura metálica las formas deseadas, es necesario desgastar y pulimentar muchas superficies antes de su aspecto final. Por ello en muchos talleres y durante la construcción del barco se necesitan los trabajos de amolado y calafateado, y que a modo de ejemplo hemos elegido los que se realizaban en el taller de Prefabricado I en dos bloques de acero al carbono, uno abierto y otro prácticamente cerrado por todas partes. A estos bloques previamente se les había aplicado como protección una capa de pintura de imprimación EPOXI rica en zinc, ya descrita anteriormente (imprimación 12-H de GLASURIT).

Para el trabajo de desgaste de este acero al carbono se empleaba una MUELA de capa cónica de la casa CARBORUNDUM muy similar a las enunciadas en el apartado anterior. Como material abrasivo se utilizaba uno con las características siguientes:

CARBORUNDUM: Abrasivo: Corindon noormal.

Tamaño del grano: mediano.

Grado de dureza: duro.

Aglomerante: Resina sintética.

En todo momento, al menos en nuestra presencia, los operarios utilizaban la protección personal reglamentaria:

- Mascarilla autofiltrante BIS (MT-9).
- Equipo protector.

Como en el apartado anterior, no existían más condiciones higiénicas que la ventilación natural propia del taller.

Los resultados de este segundo muestreo para los metales analizados se expresan en la tabla X-5.

# **AMOLADO Y CALAFATEADO** **CONTAMINANTES METÁLICOS**

## **R II - TALLER PREFABRICADO I**

	HIERRO	MANGAN.	CROMO	NIQUEL	ALUMINIO
TLV-TWA	5	5	0,5	1	10
F 1	16,374	0,236	0,109	0,214	0,347
F 2	20,721	0,276	0,016	0,016	0,285
F 3	21,794	0,3162	0,025	0,026	0,452
C M	19,629	0,276	0,050	0,1015	0,361
X M C	17,175	0,2415	0,043	0,0888	0,316
% D M P	343,50	4,83	8,74	8,88	3,16

**NOTA.- Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>**

**Tabla X-5**



#### X.2.4 RESULTADOS III

##### ESMERILADO

La muestra se tomó en el taller de maquinaria durante los trabajos de esmerilado de una hélice de un barco. Para esta labor había habilitada una zona del taller aislada del resto por medio de un apantallamiento de lona, y compartiendo este trabajo con otro en la misma nave del taller.

El trabajo consiste en ir desbastando la hélice del barco y sus palas, después de su salida de la fundición, por medio de máquinas que utilizan procedimientos abrasivos hasta su terminación, como discos de corte, esmeril sobre hélice de cupro-aluminio, muelas, etc.

En todo momento se empleaba el equipo reglamentario de protección personal, pantalla facial, gafas de seguridad, etc. De cualquier forma se está a la espera de empezar a trabajar con un casco especial con pantalla facial y equipo de filtros que se espera proporcione un porcentaje de retención del 99%.

Siguiendo las distintas fases en las que consiste el trabajo se han ido tomando las distintas muestras



procurando hacerlo en aquellos momentos en los que suponíamos un mayor índice de partículas metálicas.

Muestra 1 (F1).- Taladro y recorte de sobrantes por medio de discos abrasivos de corte.

(Tipo Fortex-Flex A-30 P4B)

Muestra 2 (F2).- Desbaste con máquina tipo "carnero".

(Tipo Tenax 72-C14 P-5-B)

Muestra 3 (F3).- Planeado y desbastado con máquina neumática manual y muelas de copa basta y de grano fino al final.

(Tipo Tenax 72-C16 N-6B)

(Tipo 72-C36 M-5B)

Muestra 4 (F4).- Reposo con disco esmeril A-36 y posteriormente A-60.

Muestra 5 (F5).- Equilibrado con esmeril A-100 y plancha con lija n°2-3.

Por la naturaleza de los materiales base mecanizados y por los propios materiales utilizados como abrasivos hemos determinado la cantidad de partículas de aquellos metales que creemos pueden estar presentes en la zona de respiración del trabajador. Estos metales y sus determinaciones se reflejan en la tabla X-6.

**ESMERILADO**  
**CONTAMINANTES METÁLICOS**

**R III - TALLER DE MAQUINARIA**

	HIERRO	MANGAN.	NIQUEL	COBRE	ZINC	ALUMINIO
TLV - TWA	5	5	1	1	10	10
F 1	1,250	0,261	1,081	14,730	0,091	2,061
F 2	0,354	0,092	0,143	1,371	Inapre	0,227
F 3	1,453	0,161	0,512	7,531	0,031	0,936
F 4	0,551	0,021	0,081	1,042	Inapre	0,174
F 5	0,264	0,033	0,103	1,061	0,082	0,223
C.M	0,774	0,113	0,384	5,147	0,042	0,724
X.C.M.	0,677	0,099	0,336	4,503	0,036	0,633
% D.M.P.	13,55	1,98	33,6	450,36	0,36	6,33

**NOTA.-** Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>

Tabla X-6



### X.3 DISCUSION

#### X.3.1 PINTADO

Como cabía suponer, para el caso de soldadura de materiales con imprimación epoxi hemos obtenido unos resultados muy similares a los de soldaduras del capítulo anterior, excepto para el zinc, que debido al alto contenido de la imprimación obtuvimos unos valores relativamente elevados, y para el calcio, como consecuencia del revestimiento de los electrodos (% D.M.P 49,18% y 110% respectivamente). La explicación que se nos ocurre a estos valores es que debieran ser mucho más bajos si se aplicara adecuadamente la extracción localizada que, como dijimos, se hacía con una eficacia casi nula.

En cuanto al proceso de pintado en sí no presenta ningún riesgo higiénico teniendo en cuenta los dos metales determinados y que eran los más probables que lo pudieran tener.

#### X.3.2 MECANIZADO

Del análisis de los resultados de los trabajos de mecanizado podemos deducir que únicamente se presenta riesgo higiénico en los casos en que hay un gran desgaste

de la superficie metálica, y para aquellos metales que entran a formar parte de dichos materiales en un tanto por ciento muy alto. Tal es el caso del hierro para los R-II y para el cobre en los R-III.

Hay que hacer notar la diferencia que entre las proporciones de los distintos metales encontramos según que los procesos sean de soldadura o de mecanizado para un mismo material. En el caso de soldadura va a ser fundamental el punto de fusión y ebullición de los metales, ya que cuanto más bajo sea este más fácilmente se volatilizarán; en los trabajos de mecanizado la proporción encontrada va a estar muy próxima a la que realmente tiene el material en su composición.

Así, en el caso del hierro y el manganeso de los aceros al carbono, para las distintas soldaduras hemos determinado unos resultados para estos metales que varían en proporción entre 2:1 y 9:1. Para esos mismos materiales, en los trabajos de mecanizado hemos medido unos niveles que dan una proporción del orden de 60:1 y 70:1, muy próximos al 50:1 que aproximadamente entran en el material.

## **CAPITULO XI**

### **DETERMINACIONES BIOLOGICAS**



## XI.1 DETERMINACIONES BIOLOGICAS

La idea de relacionar la concentración de una sustancia presente en una atmósfera laboral con los valores que ese mismo producto va a tener en el organismo de los trabajadores expuestos es tan antigua como la propia Higiene Industrial.

Lógicamente los primeros valores aparecidos, que poco a poco se fueron recomendando y más tarde instaurándose con caracter legal fueron los TLVs o niveles máximos permitidos para concentraciones ambientales. Las cantidades que se iban a medir, se podían ir controlando en función del volumen de aire muestreado, por lo que era fácil acercarse a los valores que el instrumento de que se disponía era capaz de medir con bastante fiabilidad. Incluso si era preciso se podría volver a tomar otras muestras en condiciones muy similares a las iniciales, por lo que podíamos "casi" reproducir el ensayo cuantas veces fuera necesario.

Pronto se vió que estos análisis no serían completos si no se sabían las concentraciones que esos contaminantes iban a tener en el interior del organismo de aquellos trabajadores que sufrían sus efectos, determinados mediante la medida de sus concentraciones en aquellos fluidos biológicos lo más representativos posible. Tal fué



así, que poco a poco pero de una manera progresiva, fueron apareciendo distintos tóxicos para los que se recomendaron y en su caso si fué posible, se legislaron, los valores máximos permitidos, para las concentraciones de esos componentes o sus metabolitos, en especímenes biológicos; según la terminología más generalizada a esos valores se les denomina "Indices de Exposición Biológica" (B.E.I). (39)

En toxicología industrial, estos especímenes biológicos se suelen reducir a la orina y la sangre, porque por un lado son muestras no traumáticas y fácilmente recogibles, y además los tóxicos suelen estar presentes en ellos en cantidades suficientes para poder ser fácilmente medibles con el instrumental disponible en estos días.

Si el espécimen elegido para valorar el nivel de presencia de tóxico en el organismo es la orina, parece lógico que se debería recoger toda la excretada durante un día y una vez bien homogeneizada, tomar una alicuota para realizar las determinaciones. Así pues, si ese trabajador está expuesto de una manera constante a lo largo de la jornada laboral a un tóxico, se alcanzará un cierto equilibrio, de forma que la cantidad de tóxico excretada en orina será una cantidad constante para cada día, aunque puede tener alguna fluctuación en su intensidad a lo largo de la jornada.

Por lo tanto, el indicar la valoración del tóxico en el organismo en función de los miligramos del tóxico por litro de orina no nos parece la forma más adecuada, ya

que se introduce la variable del volumen de orina eliminado por día, y que puede ser bastante distinto de unos días a otros fundamentalmente en función de la dieta, lo que hace que las variaciones de concentración de tóxico en orina no se deban exclusivamente a las que puede tener en la atmósfera laboral.

Como además resulta bastante engorroso para el trabajador recoger la orina durante un día entero, se ha encontrado que la creatinina es el parámetro que mejor hace de baremo de la cantidad de orina eliminada, o mejor, de la intensidad de "flujo" de dicha orina. Parece lógico que si la cantidad de creatinina excretada en orina es casi constante en función del tiempo (un día por ejemplo), cuanto más "flujo" de orina haya, menor será la creatinina por unidad de volumen y viceversa. Aplicando este mismo razonamiento al tóxico que queremos determinar, resultará que si expresamos el resultado en miligramos de tóxico por gramo de creatinina, se palía en gran manera el error que se arrastraba por la variación de la velocidad de eliminación de orina.

De cualquier forma, dado que es muy frecuente encontrar en la bibliografía y publicaciones las determinaciones de metales en orina en miligramos por litro de orina, hemos optado por dar los datos de ambas formas, y así constatar las posibles diferencias. (40)

Parece pues muy atractivo el poder considerar al propio trabajador como un sofisticado "sensor" o aparato de

recogida de muestras ambientales, y que una vez "analizado" nos sirva de referencia para saber la cantidad de tóxico presente en el ambiente en que estaba realizando su trabajo; a más tóxico en la atmósfera, más tóxico penetra en el "sensor" y mayor será el efecto tóxico.

No cabe duda que para hacer posible todo este planteamiento, ha sido necesario que en los últimos años las técnicas instrumentales se hayan perfeccionado de tal manera que sean capaces de medir las cantidades de tóxicos en esos fluidos biológicos, normalmente del orden de micro y nanogramos.

También hemos puntualizado en algún capítulo anterior la necesidad de ser sumamente prudentes a la hora de plasmar toda esta "teoría" en una serie de números concretos, no tanto por los errores analíticos que se puedan cometer y que sin duda se cometerán, sino fundamentalmente como hemos visto, por la gran variedad de concentraciones de tóxico tanto en función de las distancias al foco emisor como en un mismo punto a lo largo de toda la jornada laboral. Ello hace tremendamente difícil poder relacionar el valor del tóxico medido en el correspondiente fluido biológico con "aquel valor" más representativo de las distintas concentraciones ambientales a las que ese trabajador haya podido estar sometido.

Tampoco nos podemos olvidar que en todo momento estamos trabajando con "material humano", con lo que esto conlleva a la hora de anular cualquier posibilidad de

"crear" las condiciones ambientales que desde el punto de vista toxicológico más nos pudieran interesar. Hemos de ceñirnos siempre a situaciones reales en las que se está desarrollando la actividad laboral analizada, y en todo caso, las condiciones ambientales irán mejorando a medida que vayamos sabiendo datos de las mismas, prevaleciendo lógicamente la salvaguarda de la salud de los trabajadores.

Nunca nos va a ser posible repetir un muestreo en las mismas condiciones que otro anterior, por mucho interés científico que tengamos en ello, y en algunos casos no se llegan a tomar todas las muestras programadas por imprevistos totalmente ajenos a nuestra voluntad, pero normales dentro de la propia dinámica laboral: enfermedades, absentismo, horarios de trabajo, intensidad de la actividad productiva, falta de colaboración de algunas personas, etc. Todo ello hace que incluso haya que recurrir algunas veces a muestrear a trabajadores no programados en sustitución de otros a los que no es posible hacerlo.

En las ocasiones en que para completar el estudio, como veremos, hemos creído oportuno analizar a otros colectivos de personas ajenas a nuestra empresa, ante las explicaciones nuestras de "posibles efectos toxicológicos", "estudios de niveles de contaminación", etc, los dueños, gerentes, responsables... de estos colectivos no siempre creyeron conveniente concedernos el permiso para realizar las determinaciones, teniendo que recurrir a los que ha sido factible dentro de

los que pudieran tener algún interés.

En cuanto a la colaboración prestada por las personas afectadas, en general ha sido muy buena, aún cuando es inevitable que en algunos casos tengamos serias dudas de que las condiciones y datos por ellos indicados sean los realmente existentes.

Todas las anteriores condiciones, junto a una valoración lo más objetiva posible de nuestra propia capacidad analítica dentro de la empresa para poder enfrentarnos a las determinaciones con el suficiente control de calidad, tanto desde un punto de vista humano como instrumental, han sido las pautas que han ido condicionando el programa de esta segunda parte experimental, completándose a medida que íbamos avanzando en su desarrollo.

## XI.2 CONDICIONES ANALITICAS

Hoy en día, como veremos en el capítulo de Control de Calidad PCCC-Pbs, casi todos los métodos analíticos utilizados para fluidos biológicos van perdiendo adeptos de una forma progresiva en favor de la Absorción Atómica con Cámara de Grafito, por la fiabilidad de sus resultados, la facilidad del tratamiento de las muestras a analizar y el cómodo manejo del aparato.

Así pues, todo lo dicho anteriormente para las

condiciones analíticas en determinaciones ambientales se pueden aplicar aquí por ser el Espectrofotómetro de A.A. el instrumento fundamental al que en vez de la llama, como fuente de energía se aplica una corriente eléctrica en el interior de un tubo de grafito, al que genéricamente se le ha dado el nombre de "Cámara de Grafito".

Las primeras versiones experimentales de esta cámara se remontan a 1959 con L'VOV y posteriormente ya más perfeccionada a MASSMAN en 1968. Pero fué preciso esperar hasta 1970 para que saliera el primer aparato comercializado por la casa Perkin-Elmer en EEUU. Este primer modelo, utilizado ya de forma generalizada, fué bautizado como "Heated Graphite Atomizer 70 (HGA-70).<sup>(41)</sup>

Posteriormente aparecieron otra serie de modelos más perfeccionados hasta los actuales, que como el HGA-400 utilizado por nosotros, tienen un microprocesador que una vez programado va a controlar toda la secuencia de tiempos y temperaturas empleadas durante cada ciclo de determinaciones.

Dado el gran auge y desarrollo de la Cámara de Grafito, no nos parece oportuno extendernos en su descripción, sino que nos limitaremos a hacer mención de los procesos fundamentales producidos durante el ciclo de una determinación.

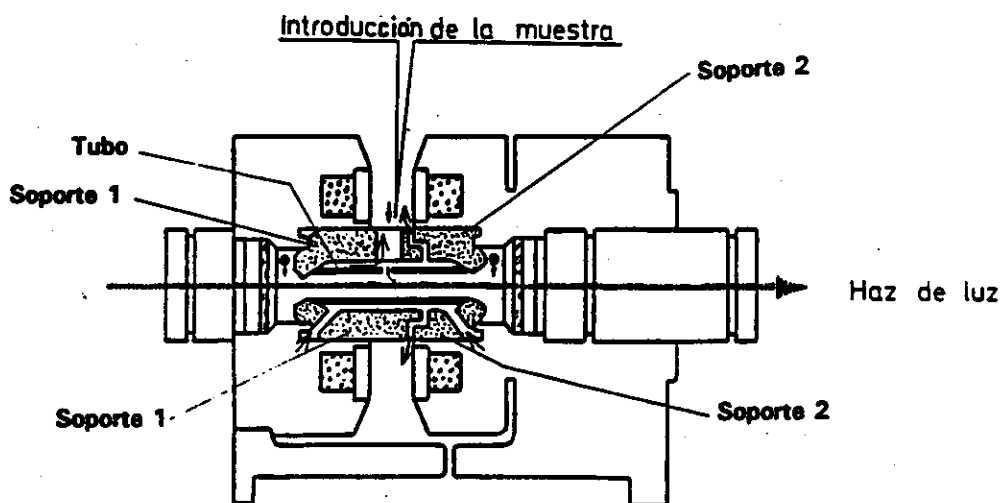


Figura XI-1 SECCIÓN DE LA CÁMARA DE GRAFITO

**SECADO:** Tiene por finalidad eliminar el disolvente, generalmente agua, y se suele hacer a temperaturas ligeramente superiores a  $100^{\circ}\text{C}$ ; el tiempo va a depender de la naturaleza del disolvente y de la cantidad de materia introducida.

**MINERALIZACION:** En este paso se intenta eliminar toda la materia orgánica y otros materiales como las sales inorgánicas que puedan atomizarse a la vez que el parámetro a determinar, provocando absorciones inespecíficas. Este efecto es fundamental, y según sea el metal a determinar y el fluido biológico en el que se encuentra, habrá que seleccionar adecuadamente la temperatura y el tiempo de permanencia.

ATOMIZACION: Se trata de conseguir una temperatura casi instantánea y lo suficientemente alta, por encima del punto de ebullición del metal a determinar, a fin de que todo el metal presente en la muestra introducida se atomice instantáneamente, para lo que absorberá una cantidad de energía en cuya detección se fundamenta el resultado del análisis.

Para evitar que las altas temperaturas alcanzadas puedan fundir el grafito, el tubo se purga por medio de un gas inerte, generalmente argon, pudiéndose cortar o no el flujo en determinados momentos, según las necesidades analíticas. Este gas inerte tiene además la misión de minimizar la formación de los óxidos correspondientes a los metales atomizados, eliminando los humos y vapores generados por la muestra en el interior del tubo.

Hay otro segundo circuito refrigerador formado por el agua que circula por unos cilindros de contacto que rodean al tubo de grafito, para hacer que en pocos segundos las altas temperaturas a las que la cámara se ve sometida caigan a la temperatura ambiente, y así poder comenzar un nuevo ciclo.

Según sea el metal a determinar y el fluido biológico en el que se encuentre, existe todo un programa de datos a introducir en el aparato que describiremos en los correspondientes métodos analíticos.



### XI.3 DETERMINACIONES BIOLÓGICAS DE ALUMINIO

#### **XI.3.1 DESCRIPCION**

La grande y creciente producción de aluminio y sus múltiples aplicaciones en la industria hace que se esté prestando una gran atención a la exposición ocupacional del aluminio y sus compuestos, aún cuando esta exposición no necesariamente conlleve un alto riesgo toxicológico.

De todas las múltiples aplicaciones que se pueden hacer, ya hemos indicado que en nuestra Empresa se reducen al mecanizado de superficies y más frecuentemente, a la soldadura eléctrica de materiales de aluminio, a la que hemos pretendido hacer un seguimiento. Para evaluar el efecto sobre los trabajadores, hemos seleccionado 36 soldadores que en la temporada en que se realizaron las determinaciones se dedicaban exclusivamente a las labores de soldadura en aluminio.

En la mayoría de la bibliografía y trabajos consultados, como fluido biológico para evaluar el nivel de contaminación se suele preferir el suero. En cuanto a los valores referencia hay una gran diversidad según los autores, aunque nosotros nos inclinamos por concentraciones entre 1 y 10  $\mu\text{g/l}$  de suero para no expuestos, pudiendo llegar a alcanzar 40  $\mu\text{g/l}$  en trabajadores expuestos.(42)

### XI.3.2 RESULTADOS

Los resultados de las determinaciones de aluminio en suero para el grupo de soldadores se expresan en la tabla XI-1. Queremos hacer constar, que ante la falta de fiabilidad de nuestras propias determinaciones analíticas y por única vez en todo el estudio toxicológico, se optó por enviar los sueros a un laboratorio exterior a nuestra Empresa. De cualquier forma, la entidad a la que se enviaron nos ofrece la suficiente garantía de calidad como para poder ofrecer los datos como reflejo de la exposición a la que han estado sometidos nuestros trabajadores.

### XI.3.3 DISCUSION

La razón de presentar estos resultados se basa en que no hay demasiados estudios relacionados con la intoxicación por aluminio, y ellos pueden contribuir en algo a esclarecer las relaciones entre la contaminación ambiental y sus posibles efectos sobre el organismo.

Relacionando los valores obtenidos con los presentados en la bibliografía, podemos deducir la casi nula acción del tóxico en nuestros trabajadores, y por consiguiente, la NO existencia de RIESGO toxicológico para ellos durante la jornada laboral.(43)



## RESULTADOS ALUMINIO EN SUERO

Unidades  $\mu\text{g/litro}$  de suero

N 1.- 2 $\mu\text{g/l}$	N 13.- 3,4 $\mu\text{g/l}$	N 25.- 5 $\mu\text{g/l}$
N 2.- 2,9 $\mu\text{g/l}$	N 14.- 7,7 $\mu\text{g/l}$	N 26.- 5,6 $\mu\text{g/l}$
N 3.- 6,1 $\mu\text{g/l}$	N 15.- 9,4 $\mu\text{g/l}$	N 27.- 5,6 $\mu\text{g/l}$
N 4.- 4 $\mu\text{g/l}$	N 16.- 7,2 $\mu\text{g/l}$	N 28.- 5,2 $\mu\text{g/l}$
N 5.- 4 $\mu\text{g/l}$	N 17.- 9,4 $\mu\text{g/l}$	N 29.- 7,6 $\mu\text{g/l}$
N 6.- 5 $\mu\text{g/l}$	N 18.- 11,5 $\mu\text{g/l}$	N 30.- 5,6 $\mu\text{g/l}$
N 7.- 4 $\mu\text{g/l}$	N 19.- 3 $\mu\text{g/l}$	N 31.- 10,1 $\mu\text{g/l}$
N 8.- 7,2 $\mu\text{g/l}$	N 20.- 4,5 $\mu\text{g/l}$	N 32.- 8,1 $\mu\text{g/l}$
N 9.- 4,5 $\mu\text{g/l}$	N 21.- 3 $\mu\text{g/l}$	N 33.- 5,1 $\mu\text{g/l}$
N 10.- 11,5 $\mu\text{g/l}$	N 22.- 5 $\mu\text{g/l}$	N 34.- 11 $\mu\text{g/l}$
N 11.- 28,9 $\mu\text{g/l}$	N 23.- 9,9 $\mu\text{g/l}$	N 35.- 6 $\mu\text{g/l}$
N 12.- 9,4 $\mu\text{g/l}$	N 24.- 5 $\mu\text{g/l}$	N 36.- 7 $\mu\text{g/l}$

Datos estadísticos:

Datos estadísticos	
Muestras	n = 36
Intervalos	2 - 28,9
Valor medio	$\bar{x} = 7,4555$
D.E.	= 5,2776
C.V %	= 70,78 %
LCS 99 %	= 23,2886

Tabla XI-1



## XI.4 DETERMINACIONES BIOLOGICAS DE MANGANESO

### XI.4.1 CONDICIONES GENERALES

El manganeso es un metal muy abundante en la naturaleza y uno de los más usados en los procesos industriales. En nuestro caso ya indicamos que es uno de los componentes habituales de los materiales empleados en la construcción de barcos.

Se le considera como un oligoelemento que ingerimos en la dieta diaria, pero que en circunstancias excepcionales, como la exposición a una atmósfera contaminada por los humos de soldadura, penetra de forma brusca por inhalación e ingestión, adicionándose al que lo hace de forma regular. La mayor parte del manganeso inhalado se moviliza a través de la traquea y es deglutido; el que a pesar de todo penetra a través del sistema gastro-intestinal es absorbido en un 10% aproximadamente, y el resto excretado. Una vez que es absorbido, deja la sangre rápidamente y es almacenado fundamentalmente en el tejido parenquimático. El tiempo medio de permanencia en el organismo es de 40 días, siendo eliminado casi exclusivamente por vías fecal y urinaria.

Precisamente es la orina el fluido biológico aconsejado y más generalmente utilizado para evaluar el nivel de exposición a que un trabajador ha estado sometido,

por la aceptable correlación entre la cantidad absorbida y su concentración en orina. Además, como indicamos, se trata de un espécimen no traumático y de fácil recogida.(44)

En el caso del manganeso, aunque en los últimos años se ha incrementado sensiblemente su investigación, los estamentos oficiales y privados insisten en la necesidad de seguir realizando estudios, a fin de conocer mejor la correlación entre las cantidades exteriores a un trabajador y las presentes en su organismo.

Así, la OMS en 1981 recomendaba la necesidad de estos estudios para dilucidar las características de dosis-efecto y dosis-respuesta del manganeso en grupos de personas expuestas. Señalaba también la OMS que "no se han comprobado los posibles indicadores biológicos de exposición a manganeso en la medida suficiente para su aplicación a la exposición individual".(45)

En parecidos términos se expresaba el Committee on Biologic Effects of Atmospheric Pollutants of National Academy of Sciences de EE.UU: "Se necesitan más estudios para determinar el valor clínico de los presentes test en sangre, orina, pelo, como índices de absorción reciente de excesivo manganeso".(46)

Parece pues normal que haya una gran diversidad de opiniones en cuanto a valores referencia se refiere. Incluso en estas fechas la ACGIH aún no tiene incluido el manganeso ni tan siquiera en los BEI sometidos a periodo de

estudio. De todas formas, la opinión más generalmente aceptada situa unos valores referencia entre 0,5 y 5  $\mu\text{g}$  de manganeso por litro de orina para las personas asintomáticas, y entre 5 y 100  $\mu\text{g}$  por litro de orina para los trabajadores potencialmente expuestos. Una opinión muy aceptada en relación con la concentración exterior es que, siempre que la concentración ambiental no sobrepase los 5  $\text{mg}/\text{m}^3$ , la concentración en orina no debería ser superior a 8  $\mu\text{g}/\text{l}$  de orina.(47)

A pesar de todas estas referencias, tal como indicamos anteriormente, nos hemos inclinado por expresar los resultados de manganeso también en  $\mu\text{g}$  por gramo de creatinina.

#### XI.4.2 CONDICIONES ANALITICAS

##### XI.4.2.1 Tratamiento de las muestras de orina

Una de las razones por las que la "cámara de grafito" ha tenido tanto auge es la posibilidad de emplear como muestra analítica el propio fluido biológico, prácticamente sin ningún tipo de tratamiento. De hecho, una vez recogida la orina en recipientes estériles de 100 ml procedemos a una acidificación con unas gotas de  $\text{ClH}$ , y después de homogeneizada se separa una alícuota de 10 ml que se guarda en nevera hasta el día de su determinación. Con otra parte de esa misma orina determinamos la creatinina el mismo día de su recogida.



#### XI.4.2.2 Materiales y métodos analíticos

Todo lo que se indicó para materiales, patrones, instrumentos, reactivos, etc, en el capítulo correspondiente a determinaciones ambientales, se debe de aplicar en este apartado.

##### XI.4.2.2.1 Determinación de creatinina en orina

La determinación de creatinina en orina se realizó en nuestro laboratorio de análisis clínicos mediante un autoanalizador. La técnica está basada en el "Método de Jaffe", que hace reaccionar la creatinina de la orina con el ácido pícrico en medio alcalino, dando como resultado un producto de color amarillo que se lee por espectrometría a una longitud de 500 nm. Lógicamente la velocidad de esta reacción va a depender de la cantidad de creatinina presente en la orina.

Para garantizar la fiabilidad de los resultados hemos seguido los controles de calidad siguientes:

- Control de calidad interno, mediante la determinación diaria de dos patrones valorados, suministrados por la misma casa comercial que el Autoanalizador (Test point 1 y Test point 2).
- Control de calidad externo, mediante la participación en el control interlaboratorios de la SEQC, determinando mensualmente una muestra ciega enviada por dicha sociedad.

### Resumen del procedimiento analítico:

* AUTOANALIZADOR:	RA-1000	Technicon	
* REACTIVO	T01-1927-02	Technicon	
* PATRONES	Test point 1	T03-1220-62	Technicon
	Test point 2	T03-1221-62	Technicon
* CONTROL DE CALIDAD EXTERNO	PICC - SEQC		

#### XI.4.2.2.2 Determinación de MANGANESO

No nos fué fácil definir el método analítico a aplicar a la "cámara de grafito" por la cantidad de variables que se deben concretar. Los experimentos se fueron basando en los datos que nos proporcionaba el propio método suministrado por la casa P-E; el método sugerido por el INSHT; y algún otro utilizado por laboratorios de prestigio, hasta conseguir unos buenos resultados con unas características que pasamos a definir.(48)

**SENSIBILIDAD:** Según se definió anteriormente, es el incremento de la absorbancia dividido por el incremento de las concentraciones; es decir, la pendiente de la curva de calibración.

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\Delta \text{ABS}}{\Delta c}$$

Aplicando la fórmula a los tres tramos de la curva de calibración, tendremos:

$$S = 0,0188$$

$$S = 0,0146$$

$$S = 0,0107$$

LÍMITE DE DETECCIÓN: Lo hemos expresado como dos veces la desviación típica del ruido del blanco.

$$L D = 2 DE$$

$$L D = 0,160 \mu\text{g/l}$$

PROGRAMA DE TEMPERATURAS: En la tabla XI-2 hemos reflejado los valores de absorbancia de una orina a la que hemos añadido el manganeso necesario para tener una concentración de  $x+5 \mu\text{g/l}$ . En el primer caso hemos fijado la temperatura de secado y de atomización, anotando la absorbancia en función de la temperatura de MINERALIZACION a medida que se incrementaba desde  $600^{\circ}\text{C}$ . Como se puede observar, la absorbancia comienza a disminuir a los  $1100-1200^{\circ}\text{C}$ , hasta alcanzar un mínimo entre  $1700-1800^{\circ}\text{C}$ .

En el segundo caso se ha fijado la temperatura de secado y de mineralización ( $1300^{\circ}\text{C}$ ) anotando la absorbancia en función de la temperatura de ATOMIZACION, que se ha ido disminuyendo a partir de  $2600^{\circ}\text{C}$ . Según se puede observar en la figura, la absorbancia se ha ido manteniendo hasta los  $2400-2300^{\circ}\text{C}$ , disminuyendo a partir de aquí hasta los  $1400^{\circ}\text{C}$ .

## PROGRAMA DE TEMPERATURAS

TEMPERATURA	ABSORBANCIA	
	MINERALIZACION	ATONIZACION
500		
600	0,195 - 0,188	
700	0,197 - 0,185	
800	0,194	
900	0,186	
1000	0,196 - 0,188	
1100	0,183	
1200	0,162	
1300	0,110 - 0,101	
1400	0,089	
1500	0,040	0,020
1600	0,030 - 0,021	0,027 - 0,031
1700		0,042
1800		0,069
1900		0,095 - 0,106
2000		0,135
2100		0,147
2200		0,164
2300		0,187 - 0,198
2400		0,189
2500		0,202
2600		0,200

Tabla XI-2



# MANGANESO

*Programa de Temperaturas*

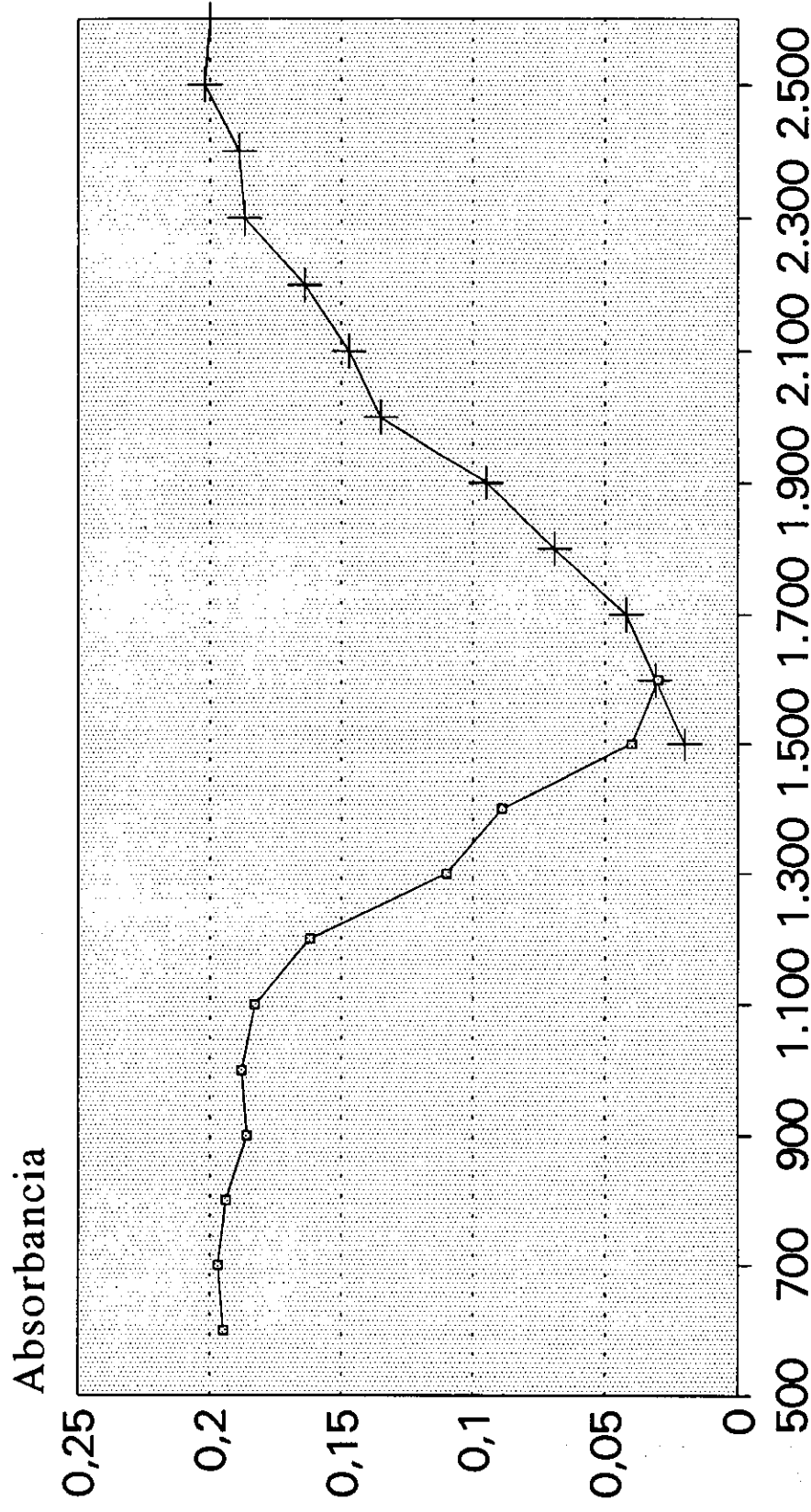


Figura XI-2

Temperatura



Según los resultados reflejados en la figura XI-1 podemos deducir que el manganeso comienza a atomizarse hacia los 1200°C, pudiendo ya ser perceptible esta atomización a partir de los 1400°C, y que por encima de los 2400°C la totalidad del manganeso presente en la muestra se encuentra en forma de átomo.

**ENVEJECIMIENTO DE LOS TUBOS DE GRAFITO:** El fenómeno del envejecimiento es perfectamente conocido, de forma que el propio fabricante del aparato suministra una serie de curvas con la disminución de la absorbancia en función del número de determinaciones con el mismo tubo, para una serie de matrices ejemplo. Para paliar este efecto, se ha recalibrado el aparato cada cierto número de determinaciones, generalmente 20, introduciendo las nuevas absorbancias para cada uno de los patrones utilizados.(49)

**CURVA DE CALIBRACION:** Nuestra intención hubiera sido participar en algun control de calidad interlaboratorios para el manganeso en orina, pero no encontramos ninguno accesible a nuestras posibilidades. Por ello tuvimos que utilizar el método de "patrones por adición", que es el más generalmente recomendado para estos casos.

Este sistema consiste en tomar una orina cualquiera, y una vez perfectamente homogeneizada, se separan alicuotas iguales, añadiendo a cada una de ellas la cantidad de manganeso necesaria para obtener patrones de concentraciones similares a las de las muestras que vamos a medir. En nuestro caso, suponiendo que la orina



homogeneizada tenga una concentracion de  $x \mu\text{g/l}$ , hemos añadido el manganeso necesario para formar patrones de  $(x+5)$ ,  $(x+10)$  y  $(x+20) \mu\text{g/l}$  respectivamente. Después de realizar tres determinaciones a la orina y cada uno de los patrones, hemos obtenido las absorbancias siguientes:

#### ABSORBANCIAS

MUESTRA	ORINA	P1(x+5)	P2(x+10)	P3(x+20)	BLANCO
M-1	0,028	0,128	0,199	0,309	0,002
M-2	0,036	0,119	0,193	0,306	-0,001
M-3	0,026	0,126	0,201	0,299	0,002
V M	0,030	0,124	0,197	0,304	0,001

Representando los valores de las concentraciones de cada una de las muestras frente a los valores medios de absorbancias, obtendremos la CURVA DE CALIBRACION que se refleja en la figura XI-2. En nuestro caso esta labor se nos facilita enormemente al disponer el programa del aparato la posibilidad de introducir estos cuatro puntos de calibración, por lo que él mismo incorpora dicha curva.

**PARAMETROS ANALITICOS:** Como resultado de todos los anteriores ensayos, hemos confeccionado un programa de temperaturas tiempos y magnitudes, con el que hemos obtenido las mejores respuestas en las determinaciones y que en resumen es el siguiente:

# MANGANESO EN ORINA

## *Curva de Calibración*

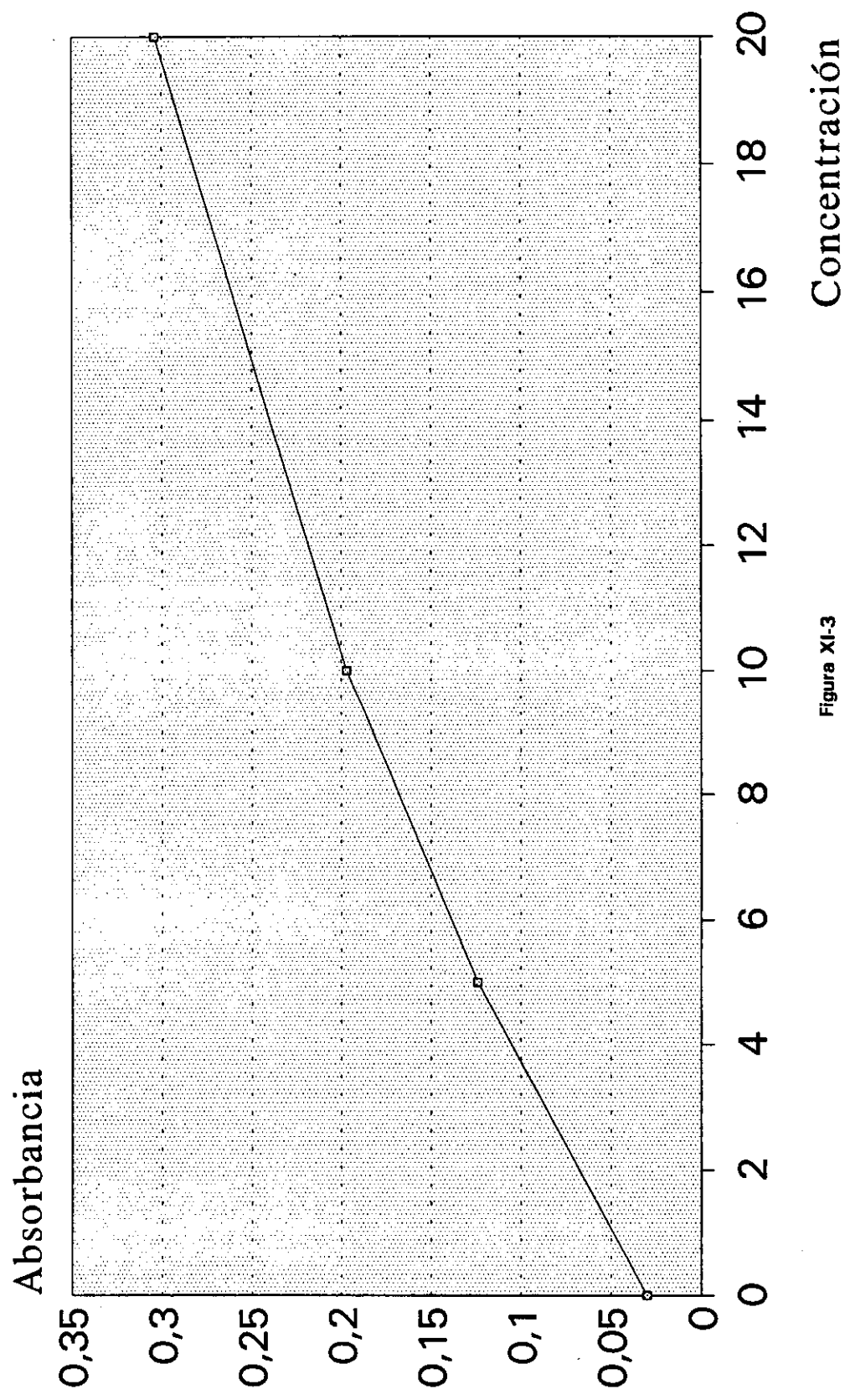


Figura XI-3



## CARACTERISTICAS ANALITICAS

Elemento: MANGANESO

Matriz: ORINA

### PARAMETROS INSTRUMENTALES

Modelo de instrumento:	HGA-400
Longitud de onda	279,5 nm
Rendija	0,2 L
Fuente de energía	Lámpara de catodo hueco
Corriente	10 mA
Corrector de fondo	SI
Altura de pico	Tiempo 5s
Flujo de gas de purga	50 ml/s

### PROGRAMA DE HGA-400

	TEMP °C	RAMP s	MANT s	LECT
Paso 1	110	10	10	
" 2	200	10	10	
" 3	1400	20	10	
" 4	2400	0	5	(Read stop)
" 5	2650	1	5	
" 6	20	0	5	

### XI.4.3 RESULTADOS

#### XI.4.3.1 Presentación

Para todas las orinas recogidas, se han determinado primero el manganeso, expresándolo en  $\mu\text{g/l}$  de orina y luego la creatinina en  $\text{g/l}$  de orina. Lógicamente dividiendo ambas magnitudes, tendremos el manganeso en orina expresado en  $\mu\text{g/g}$  de creatinina, forma preferida por nosotros, según indicamos anteriormente. El efecto que pueda tener la creatinina con relación a los valores individuales, se puede observar en el teórico valor que resultaría de multiplicar el valor medio de manganeso en  $\mu\text{g/g}$  de creatinina, por el valor medio de las creatininas de cada grupo. Este valor teórico es sensiblemente diferente a la media de todos los valores expresados en  $\mu\text{g/l}$  orina.

#### XI.4.3.2 R-I Personas NO EXPUESTAS

Los resultados de las determinaciones de personas no expuestas a contaminación por manganeso se reflejan en la tabla XI-3. El primer grupo de 70 se eligió entre todas aquellas que se presentaron a una primera llamada. El segundo grupo se formó con todas aquellas que acudieron a una segunda convocatoria y que a su vez lo hubieran hecho a la primera. Inicialmente hemos indicado los resultados de

esas 36 personas en la primera convocatoria. Finalmente el grupo de 8 se formó con los que acudieron a la tercera llamada y ya lo hubieran hecho en las anteriores. También para estas personas se indicaron primero los resultados de las anteriores convocatorias.

#### **XI.4.3.3 R-2 Personas POTENCIALMENTE EXPUESTAS**

Que nosotros sepamos, el gremio de soldadores es el único que como tal grupo presenta un RIESGO POTENCIAL de intoxicación por manganeso, según se ha podido deducir de las determinaciones ambientales en los humos de soldadura. Para su valoración se ha seguido un planteamiento similar al caso anterior, efectuándose tres sucesivas convocatorias a la totalidad de este grupo de trabajadores, separadas entre sí por un tiempo mínimo de cinco meses y admitiendo en cada caso únicamente a los que se hubieran presentado en todas las anteriores llamadas. Así pues, se formó un primer grupo con 350 soldadores, de ellos un segundo con 170 individuos y finalmente un tercero con 26. Los resultados de estas determinaciones, junto con los parámetros estadísticos, se reflejan en la tabla XI-4.



## R - I PERSONAS NO EXPUESTAS

\* POBLACION N = 70 TRABAJADORES

### PRIMER MUESTREO

UNI-DADES	MUES-TRAS	INTER-VALO	VALOR MEDIO	D.E	C.V	LCS99%	CREATIN MEDIA
$\mu\text{g/l}$	n=70	0,10-1,49	0,6414	0,2646	41,25	1,4352	(0,7414)
$\mu\text{g/gcr}$	n=70	0,07-1,42	0,4491	0,2717	60,49	1,2642	1,6510

\* POBLACION N = 36 TRABAJADORES

### PRIMER MUESTREO

g/l	n=36	0,29-1,49	0,7288	0,2760	37,87	1,5568	(0,8080)
$\mu\text{g/gcr}$	n=36	0,12-1,42	0,4702	0,2473	52,59	1,2141	1,7186

### SEGUNDO MUESTREO

$\mu\text{g/l}$	n=36	0,20-1,07	0,5488	0,1835	33,43	1,0993	(0,6396)
$\mu\text{g/gcr}$	n=36	0,13-1,13	0,4394	0,2448	55,71	1,1738	1,4555

\* POBLACION N = 8 TRABAJADORES

### PRIMER MUESTREO

$\mu\text{g/l}$	n=8	0,40-1,49	0,8075	0,3377	41,82	1,8206	(0,9532)
$\mu\text{g/gcr}$	n=8	0,19-1,42	0,5400	0,3815	70,46	1,6845	1,7625

### SEGUNDO MUESTREO

$\mu\text{g/l}$	n=8	0,30,-1,07	0,6712	0,2445	36,42	1,4047	(0,8111)
$\mu\text{g/gcr}$	n=8	0,20-1,13	0,4912	0,3568	72,63	1,5616	1,6512

### TERCER MUESTREO

$\mu\text{g/l}$	n=8	0,30,-0,99	0,7237	0,1248	31,06	1,3981	(0,7818)
$\mu\text{g/gcr}$	n=8	0,28-1,13	0,5425	0,2658	48,99	1,3399	1,4412

Tabla XI-3





## R - II PERSONAS POTENCIALMENTE EXPUESTAS

\* POBLACION N = 350 TRABAJADORES

### PRIMER MUESTREO

UNI-DADES	MUES-TRAS	INTER-VALO	VALOR MEDIO	D.E	C.V	LCS99%	CREATIN MEDIA
$\mu\text{g/l}$	n=350	0,34-2,50	1,1136	0,3858	34,64	2,2710	(1,3215)
$\mu\text{g/gcr}$	n=350	0,11-3,92	0,8221	0,5078	61,76	2,3455	1,6075

\* POBLACION N = 170 TRABAJADORES

### PRIMER MUESTREO

$\text{g/l}$	n=170	0,49-2,50	1,1471	0,3990	34,78	2,3441	(1,3013)
$\mu\text{g/gcr}$	n=170	0,20-2,78	0,7786	0,4029	51,74	1,9873	1,6714

### SEGUNDO MUESTREO

$\mu\text{g/l}$	n=170	0,28-1,61	0,9896	0,2617	26,44	1,7747	(1,1728)
$\mu\text{g/gcr}$	n=170	0,14-2,10	0,7379	0,3857	52,26	1,9850	1,5894

\* POBLACION N = 26 TRABAJADORES

### PRIMER MUESTREO

$\mu\text{g/l}$	n=26	0,49-1,80	1,2592	0,3592	28,52	2,3368	(1,4066)
$\mu\text{g/gcr}$	n=26	0,35-2,78	0,9955	0,4255	42,64	2,2690	1,4130

### SEGUNDO MUESTREO

$\mu\text{g/l}$	n=26	0,28,-1,43	0,8927	0,2642	29,59	1,6853	(1,0140)
$\mu\text{g/gcr}$	n=26	0,25-1,35	0,7518	0,3655	48,61	1,8483	1,3488

### TERCER MUESTREO

$\mu\text{g/l}$	n=26	0,70,-1,44	1,0092	0,2415	23,92	1,7337	(1,3289)
$\mu\text{g/gcr}$	n=26	0,25-2,57	0,7842	0,5572	71,05	2,4558	1,6946

Tabla XI-4



## XI.5 DISCUSION

Los valores de las concentraciones de manganeso en la orina de las personas NO EXPUESTAS, aunque ligeramente inferiores, están en consonancia con los hallados por otros autores referidos a personas de otros lugares y actividades. Los valores medios de estas concentraciones varían entre 0,44 y 0,54  $\mu\text{g/g}$  de creatinina o entre 0,55 y 0,81  $\mu\text{g/l}$  de orina, según las unidades de expresión. En cualquier caso, el mayor valor alcanzado en todos los grupos, para el L.C.S. del 99%, ha sido de 1,68  $\mu\text{g/g}$  de cr. o 1,82  $\mu\text{g/l}$ ; prácticamente inocuos desde el punto de vista toxicológico.(50)

Con relación al grupo de soldadores, considerados personas POTENCIALMENTE EXPUESTAS, los valores de las concentraciones de manganeso en orina presentan una diferencia estadísticamente significativa respecto a las no expuestas ( $P < 0,05$ ). En este caso los valores medios varían entre 0,74 y 1,00  $\mu\text{g/g}$  de cr. o 0,89 y 1,26  $\mu\text{g/l}$ , y para el L.C.S. del 99% en sus valores máximos hemos determinado 2,46  $\mu\text{g/g}$  de cr. o 2,34  $\mu\text{g/l}$ . De cualquier forma, estos valores de concentraciones son relativamente bajos en cuanto a los efectos patológicos del manganeso, siendo a nuestro entender la causa fundamental de ello la buena aplicación de las medidas de Higiene Industrial y Protección Personal, junto a la ya citada irregular actividad laboral de estos trabajadores.

Esta pequeña diferencia de concentraciones biológicas entre ambas poblaciones de expuestos y no expuestos, nos confirma la suposición inicial de que el grupo de los SOLDADORES NO ESTAN sometidos a atmósferas de manganeso higiénicamente peligrosas para su salud.

La variabilidad de las concentraciones biológicas evaluada mediante el "coeficiente de variación" presenta un significativo incremento al indicar los resultados en  $\mu\text{g/g}$  de creatinina respecto a  $\mu\text{g/l}$ , consecuencia de incluir la variable creatinina en orina.

#### Personas NO EXPUESTAS

Unidades	C V M %	Intervalo
$\mu\text{g/g}$ de cr	60,14	48,99-72,63
$\mu\text{g/l}$	36,97	31,06-41,82

#### Personas POTENCIALMENTE EXPUESTAS

$\mu\text{g/g}$ de cr	54,67	42,64-71,05
$\mu\text{g/l}$	29,65	23,92-34,78

Según los resultados obtenidos, seguimos inclinándonos por la expresión de las concentraciones en  $\mu\text{g/g}$  de creatinina como mejor correlación con los niveles atmosféricos a los que estos trabajadores han estado sometidos.

## **CAPITULO XII**

### **TOXICOLOGIA DEL PLOMO**



## XII.1 TOXICOLOGIA DEL PLOMO

### XII.1.1 ANTECEDENTES

El plomo es uno de los metales más conocidos y usados desde la antigüedad. En la naturaleza se encuentra en forma de carbonato (CERUSITA), sulfato (ANGLESITA) y sulfuro (GALENA), que es el mineral de donde se extrae la prácticamente totalidad del plomo usado en la industria.

El plomo es un metal blando y pesado con poca resistencia a la tracción. Una vez cortado, la superficie brillante resultante se cubre rápidamente de una capa de óxido que con la humedad se transforma en carbonato básico, con un efecto fuertemente protector contra los agentes externos.

Los primeros signos de la toxicidad del plomo aparecieron ya en la antigüedad y fueron descritos por Nicandro en el 2500 A.C; tanto en la medicina griega como en la romana y más tarde en la Edad Media, se hacen repetidas referencias a la patología toxicológica saturnínica. En aquellos tiempos la causa más frecuente de intoxicación por plomo era debido al alto contenido en plomo del agua empleada en la bebida.



A pesar de todo, fué preciso esperar hasta 1700 en que Ramazzini describió por primera vez la intoxicación por plomo en el ámbito de la patología laboral. Laucereaux en 1862 relacionó una serie de enfermedades renales con las exposiciones excesivas a atmósferas con plomo.

El enorme desarrollo de la industria a principios de siglo hizo que se incrementaran igualmente los efectos perjudiciales de los agentes tóxicos, de forma que en 1915 el SATURNISMO ocupaba el primer lugar en la lista de enfermedades profesionales. Afortunadamente estos hechos hicieron sonar la alarma y fué necesario aplicar medidas enérgicas para la protección de los trabajadores. A consecuencia de ello, rápidamente descendió la morbilidad de trabajadores a causa del saturnismo crónico laboral. A pesar de estas medidas, todavía en 1980, según datos oficiales del ministerio, de un total de 3419 enfermedades profesionales declaradas, el 15% eran debidas a intoxicación por plomo. También se ha de hacer constar que en los últimos años se ha hecho un gran esfuerzo en cuanto a las medidas preventivas y de protección personal contra las intoxicaciones por plomo, de forma que hoy en día en nuestro país no es frecuente encontrar saturnismo laboral, al menos con efectos graves para la salud del trabajador.(51)

Tanto el saturnismo laboral como el extralaboral se presentan habitualmente después de una exposición larga, que dará lugar a una intoxicación tipo crónico, con una sintomatología perfectamente especificada y típica del saturnismo, de forma que al

hablar de intoxicación por plomo, mientras no se diga lo contrario, se piense exclusivamente en la de tipo crónico. Tal es así, que la intoxicación aguda es muy poco conocida, cursando con clínica diferente a la crónica, y con el interés inherente a todas las patologías agudas, que necesitan un diagnóstico y tratamiento rápido y de urgencia.

#### XII.1.2 TOXICOCINETICA DEL PLOMO

Aunque en algunos casos particulares la vía cutánea pueda tener cierta importancia, tradicionalmente se considera que las vías digestiva y por inhalación son los dos caminos fundamentales por los que los compuestos del plomo penetran en el organismo. Desde un punto de vista de higiene industrial, la vía digestiva se considera siempre o bien una falta de higiene personal (utilización de ropa inadecuada, no lavarse al cambiar de actividad, etc), o bien un accidente laboral (ingestión de algo equivocado, desconocimiento del contenido, etc). Por lo tanto, si se cumplen las normas de higiene personal y sanitaria, el camino de penetración del plomo en el ambiente laboral, queda reducido a la vía de inhalación.

En el caso de que hubiera incorporación de plomo por vía digestiva, únicamente se absorbe entre 10-15%, siendo el resto eliminado directamente. En el estómago no hay absorción de plomo y en el colon es muy pequeña, por lo que la casi totalidad es absorbido en el intestino delgado

en forma de cloruros y cloratos, resultantes de la reacción de los compuestos de plomo con el ácido clorhídrico gástrico. Lógicamente la movilidad intestinal va a ser fundamental en cuanto a la cantidad de plomo absorbido.

En el caso de penetración por vía respiratoria, la cantidad de plomo incorporada al organismo alcanza un 40-50% del total inhalado, normalmente en forma de vapores o partículas, siendo su tamaño fundamental en este último caso. La absorción se realiza a lo largo de todo el tracto respiratorio incluidas las zonas nasales.

### XII.1.3 DISTRIBUCION

Las partículas de plomo una vez absorbidas pasan al torrente sanguíneo constituyendo el plomo circulante que en su mayor parte se fija a los hematíes, de forma que únicamente cuando en la sangre hay una alta concentración, la capacidad de fijación de éstos queda saturada, por lo que habrá un remanente de plomo libre plasmático. Posteriormente el plomo circulante es depositado inicialmente en los tejidos blandos, sobre todo en el riñón (células y túbulos), y en menor grado en el cerebro, dando lugar a las distintas patologías saturnínicas. Como en cualquier distribución en distintos medios, hay un equilibrio entre el plomo libre circulante y el plomo fijado a los tejidos. En un segundo paso y de forma progresiva, el plomo va a comenzar a fijarse a los tejidos

duros, dientes, cabellos, y sobre todo a los huesos, de forma que hasta un 90% del plomo existente en el organismo puede encontrarse fijado a ellos, casi exclusivamente como trifosfato. Tal es así, que podría llegar a detectarse por radiología como unas bandas opacas en la epífisis de los huesos largos. Desde el punto de vista toxicológico, el plomo depositado en los huesos es inactivo y tiene una vida media de unos 10 años.

El plomo depositado tiene una movilidad pareja a la del calcio, siendo afectado por la ingesta de fosfatos, calcio, vitamina D, hormona paratiroidea, acidosis, etc. Cuando el metabolismo del estómago se activa considerablemente, por ejemplo en casos de leucemia o anemia grave, el nivel de plomo en sangre aumenta paralelamente al del calcio, por lo que se incrementará igualmente su eliminación en orina.

Suele ser bastante conocido el hecho de que en enfermedades con grave rarefacción ósea, se pueden presentar episodios de saturnismo agudo para aquellos pacientes con plomo total aumentado.

En el caso de mujeres embarazadas, como veremos, hay una normativa más estricta, debido a que el plomo puede atravesar la barrera placentaria y ser eliminado a través de la leche materna.(52)

#### XII.1.4 ELIMINACION

Como el resto de los metales, el plomo se elimina por vías digestiva y urinaria, y de forma secundaria por el sudor y la leche. Durante las primeras 24 horas se elimina el 5% del total absorbido, y el pico en cuanto a velocidad de excreción se alcanza entre 12 y 48 horas, decreciendo a partir de las 72. En los primeros 14 días ya se ha eliminado aproximadamente un 50% de una dosis inyectada, haciéndose un 35% por vía digestiva y el 15% urinaria. La eliminación digestiva se vehiculiza casi exclusivamente por la bilis, y la urinaria por absorción glomerular y filtración tubular.(53)

#### XII.1.5 MECANISMOS DE ACCION

Al igual que la mayoría de los metales pesados, el plomo tiene afinidad por los grupos azufrados, combinándose e inhibiendo los radicales sulfidrilos de determinados grupos enzimáticos, según parece interfiriendo los procesos de carboxilación y fosforilación.

A nivel morfológico celular, el plomo forma inclusiones intranucleares en hepatocitos, astrocitos, células del túbulo proximal y renal, etc, pudiendo dar lugar a lesiones mitocondriales.

A nivel enzimático, el plomo va a interferir en la cadena de formación del grupo HEMO, mediante un procedimiento perfectamente analizado y que en resumen presentamos en la figura XII-1. De hecho, el incremento o disminución de algunos de estos productos intermedios en la formación del grupo hemo, como consecuencia de la presencia del plomo, se van a utilizar en el laboratorio como parámetros indicativos de la exposición laboral.(54)

## ACTUACION DEL PLOMO

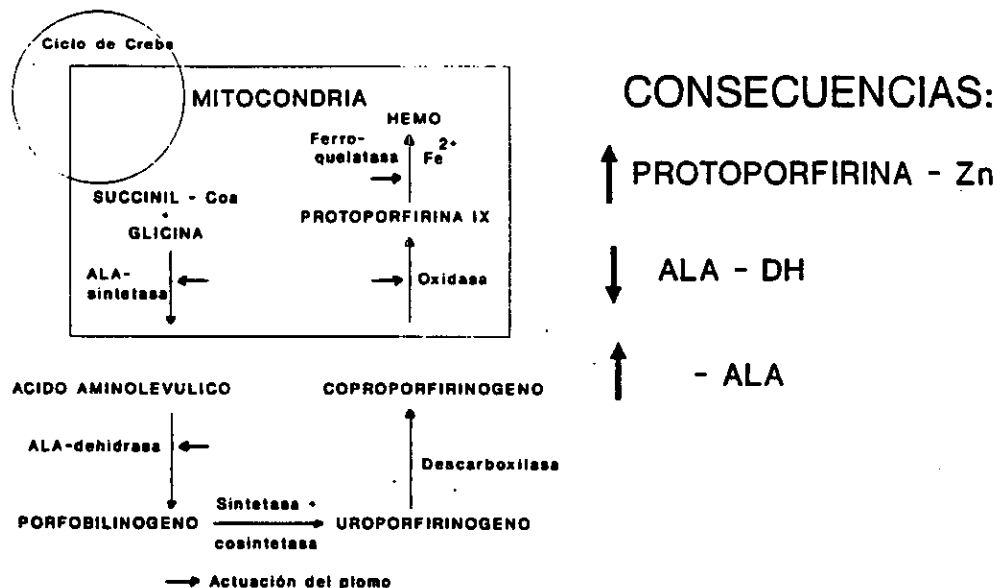


Figura XII-1

### XII.1.6 MANIFESTACIONES CLINICAS

Los mecanismos de acción antes descritos van a tener como consecuencia las distintas patologías con las que se manifiesta el saturnismo, y que afectan a los siguientes sistemas:(56)

#### XII.1.6.1 Hematopoyético

La interferencia en la formación del grupo hemo va a manifestarse en la aparición de una anemia que rara vez va a ser grave. Tampoco es frecuente que la hemoglobina descienda por debajo de valores del 70% de la que se tiene habitualmente, ni que el número de hematíes sea inferior a 4 millones por mm<sup>3</sup> en hombres trabajadores, o 3,5 en mujeres. En casos graves suele haber un incremento en el número de reticulocitos.

#### XII.1.6.2 Tracto digestivo

Si la intoxicación tiene tintes de aguda, suelen aparecer los dolores característicos del cólico y frecuentemente estreñimiento. Los síntomas en muchos casos pueden producir confusión y diagnosticar íleo o apendicitis.

#### XII.1.6.3 Nervioso

Según el grado de intoxicación a que el trabajador haya estado sometido, se pueden originar parálisis de los músculos extensores, principalmente en los miembros superiores (muñeca caída). También se pueden paralizar los músculos de los dedos, y en general hay un descenso de la fuerza muscular que se acrecenta más en las intoxicaciones crónicas de adultos.

La encefalitis es más frecuente en niños y muy rara en adultos, debiéndose en todos los casos a una intoxicación por plomo orgánico.

#### XII.1.6.4 Excretor

Desde muy antiguo se asoció saturnismo con nefropatía, y así en 1914 Sir Thomas Olivier escribía "La nefritis intersticial... es indudablemente producida por un saturnismo", y en 1915 Allbertt en su obra Disease of the Arteries, "una presión arterial elevada es la regla en la intoxicación crónica de plomo y suele estar asociada con el deterioro renal". En general las nefropatías tienen más relación con la carga corporal de plomo que con el nivel sanguíneo en un momento determinado.(57)



#### XII.1.6.5 Circulatorio

Aunque no haya uniformidad en todos los autores en cuanto a que el plomo sea la causa de hipertensión y arterioclrosis, sí que la mayoría de ellos parecen demostrar que interviene a nivel de las arterias, modificando el metabolismo del calcio y dando como resultado una hipertensión.

#### XII.1.6.6 Hepático

Ya hicimos referencia anteriormente a la posible acción directa del plomo sobre los hepatocitos, siendo la hepatopatía una patología típica del saturnismo.

## XII.2 LEGISLACION

### XII.2.1 ANTECEDENTES

Como en casi todas las disciplinas de este tipo, en un principio se detectaron los efectos perniciosos del plomo, y con el paso de los años se intentaron establecer unas normas legales que preservaran a los trabajadores expuestos de dichos efectos.

Aquéllos países que se decidieron a dar los primeros pasos recomendatorios, o incluso legislativos, aún siendo muy pocos, presentaron tales discrepancias entre sí, que el resultado fué una total confusión e impotencia por parte de los responsables de salud laboral a la hora de elegir los criterios de evaluación a seguir.

Si además añadimos unas técnicas analíticas complejas, laboriosas (Ribete de Burton, punteado basófilo, etc.), poco experimentadas y en absoluto fiables, el caos aún resultó mucho mayor.

A partir de la Conferencia de la ICOH de 1968 sobre el plomo, se establecieron unos puntos de partida y discusión, ahora sí con un auditorio bastante extenso, que tuvieron como consecuencia el que varios países fueran aproximando criterios y legislaciones. Paralelamente, las

técnicas analíticas se perfeccionaron a gran velocidad, de forma que con la aparición de los controles de calidad interlaboratorios, los resultados de las determinaciones cada vez eran más fiables y comparables entre los distintos estudios realizados.

Estos mismos criterios se acentuaron en la reunión de la ICOH de 1974, y por primera vez aparece el concepto de "efecto crítico" como el primer efecto adverso o indeseable desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo, y que puede tener o no importancia funcional en relación con la salud del individuo.(58)

Pero a pesar de todo lo anterior, en 1978 la OSHA de EEUU plantea dudas sobre la posible relación entre el plomo-aire y el plomo-sangre en las condiciones ordinarias de trabajo, y recomienda que se aumente el control de calidad de muestras y análisis, y se sea sumamente cauteloso a la hora de elegir los valores referencia, si bien por estas fechas ya se estaban recomendando valores máximos permisibles, tanto en aire como en fluidos biológicos, en unos márgenes muy próximos a los actuales.(59)

#### XII.2.2 LEGISLACION EN LA CEE

Sin ninguna duda, la fecha clave para la legislación de los valores máximos permitidos de plomo laboral en los Estados Miembros de la CEE se remonta a 1982. En este año aparece la Directiva 82/605 de 28 de Julio, sobre protección de los trabajadores contra los

riesgos relacionados con la exposición al plomo metálico y sus compuestos iónicos durante el trabajo. Fué la primera Directiva particular promulgada por la CEE para cumplimentar lo dispuesto en el Artículo 8 de la "Directiva Marco" 80/1107.(60)

En su Artículo 14, la Directiva 82/605 da a todos sus Estados Miembros un plazo hasta el 1 de Enero de 1986 para que pongan en vigor las disposiciones legales y administrativas necesarias para hacer cumplir esta Directiva. Por otra parte, en el apartado 3 del Artículo 1, se faculta a cada uno de los Estados Miembros para que pueda introducir disposiciones a nivel de su territorio, que aseguren una mayor protección de los trabajadores que las que estipula la propia Directiva.

#### XII.2.3 LEGISLACION ESPAÑOLA

Como consecuencia de su incorporación a la CEE, nuestro país tuvo que homologar muchas de sus disposiciones legales a las de la Comunidad y así, con unos meses de retraso sobre el plazo establecido, cumplimentando el antedicho Artículo 14, se promulga la Orden Ministerial de 9 de Abril de 1986 (BOE de 24 de Abril), por la que se aprueba el REGLAMENTO que adapta la Directiva Comunitaria a nuestra normativa legal. Lógicamente, las grandes líneas y contenidos del Reglamento son los mismos que los de la Directiva, con algunas diferencias que pueden ser importantes en el terreno práctico de la aplicación de la ley, cumpliendo así la posibilidad de legislar normas más

extrictas que las aplicadas por la propia Directiva.(61)

#### XII.2.3.1 Reglamento

PRINCIPIOS BASICOS PREVENTIVOS. A la hora de legislar sobre el plomo, la mayoría de los países y entre ellos el nuestro, contemplan de forma conjunta los aspectos ambientales y sanitarios de la prevención del riesgo profesional por exposición al plomo, dada la indudable relación causa-efecto existente entre la contaminación ambiental y sus consecuencias en el organismo.

Así pues, la estructura legislativa se monta relacionando conjuntamente distintos valores de plomo en aire y sangre y las medidas aplicables en cada caso.

El Reglamento comienza definiendo el ámbito de aplicación, que se extiende a todas aquellas actividades industriales relacionadas con el plomo y sus compuestos, con excepción de la minería y las instalaciones de lavado de mineral, en las que no se incrementa el nivel de plomo en el organismo, posiblemente por la insolubilidad del sulfuro de plomo, componente mayoritario de estos trabajos.

También se define claramente el concepto de "trabajador expuesto" como aquél cuya concentración de plomo en sangre es igual o mayor de 40 µg/dl, o que ocupa un puesto de trabajo en el que la cantidad de plomo ambiental, durante al menos 30 días laborables, es igual o superior a 40 µg/m<sup>3</sup>. En el caso de las mujeres, debido a

los posibles efectos sobre el sistema reproductor, el nivel de plomo en sangre se reduce a valores iguales o mayores de 30  $\mu\text{g/dl}$ .

Para todos aquellos trabajadores que se incluyan dentro del grupo de expuestos, se establecen una serie de medidas preventivas y de control, por supuesto con caracter obligatorio, que de forma esquemática y resumida expresamos en las figuras correspondientes.

## PLOMO INORGANICO

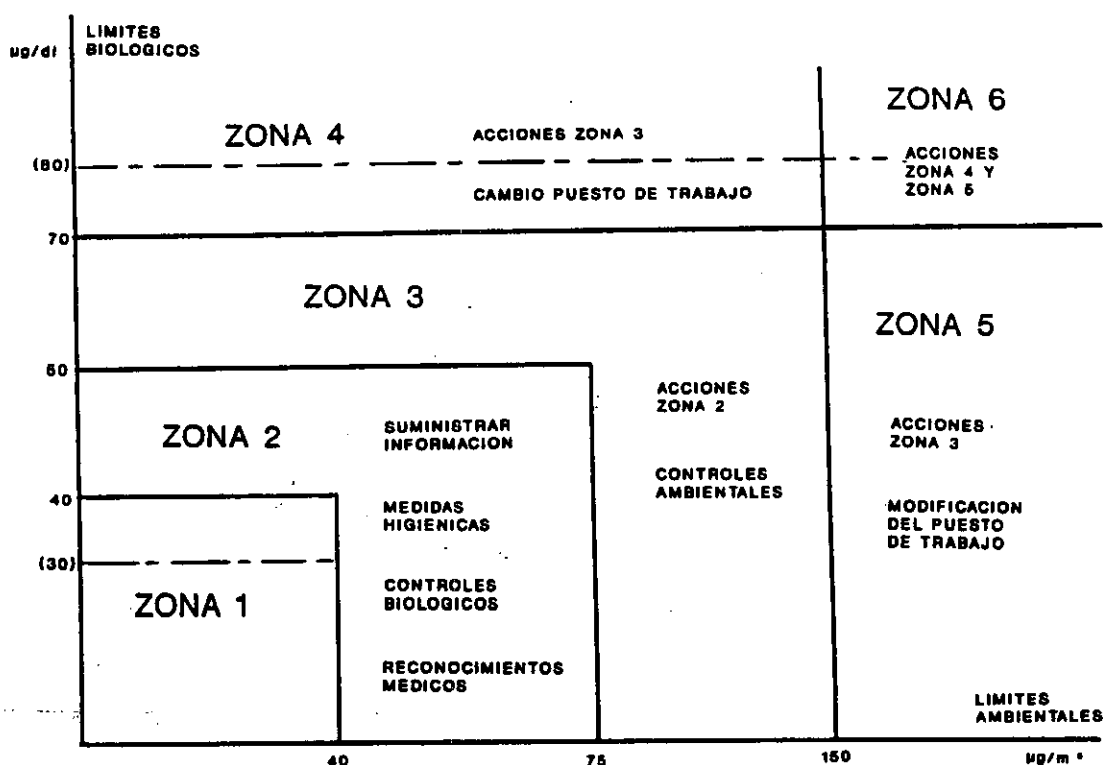


Figura XII-2

En la primera parte, figura XII-2, se indican los "niveles de acción" y "niveles máximos permitidos" tanto para concentraciones ambientales como sanguíneas, y las medidas preventivas y de control que se deben de tomar en cada caso. Estas medidas van desde información sobre riesgos hasta higiene personal, uso de ropas, controles médicos y vigilancia ambiental y biológica.

El Reglamento también es concreto a la hora de definir lo que son reconocimientos médicos y vigilancia biológica. En el primer caso habla de historia clínica, estudio hematológico, estudio de las funciones renal y hepática, estudio del SNC y SNP, y todas aquellas exploraciones analíticas y complementarias que los Servicios Médicos consideren oportunas. En cuanto a la vigilancia biológica, según el Reglamento, se deben de realizar determinaciones de plomo en sangre (PLUMBEMIA) y de Zinc-protoporfirina en sangre (Zn-PP), con caracter obligatorio, y optativo para el ácido delta-amino levulínico en orina (ALA-U) y la deshidratasa del ALA en sangre (ALA-D).

Como se ha podido observar, es también novedosa la implantación con caracter legal de los niveles de acción, que indican los momentos en los que sin necesidad de paralizar el proceso de producción, o tener que separar a los trabajadores afectados, se deben de comenzar a tomar una serie de medidas preventivas indicadas en la figura

según los casos, a fin de evitar que se alcancen los niveles máximos permitidos, que sí exigirían unas medidas correctoras más drásticas.

Es necesario aclarar que el valor máximo permitido para concentraciones ambientales de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , es un valor promedio de la exposición durante una jornada de 8 horas/día y 40 horas/semana. Este valor ha de ser corregido de una forma proporcional y a la baja en los casos en que el tiempo de exposición supere las 8 horas/día, pero nunca deberá tener un valor superior, aún cuando el tiempo de exposición sea inferior a esas 8 horas/día.

Con relación a los niveles de plumbemia, ya se indicó que la zona de no expuestos, para el caso de las mujeres, se rebaja a valores iguales o inferiores a  $30 \mu\text{g}/\text{dl}$ . El valor máximo permitido de plumbemia se establece en  $70 \mu\text{g}/\text{dl}$ , si bien se admiten valores entre 70 y  $80 \mu\text{g}/\text{dl}$  siempre que se cumpla alguna de las condiciones siguientes:

- Zn-PP igual o menor que  $20 \mu\text{g}/\text{g}$  de hemoglobina.
- ALA-U igual o menor que  $20 \mu\text{g}/\text{g}$  de creatinina.
- ALA-D igual o mayor que 6 unidades europeas.

En el caso de que se superen estos valores, el trabajador debe ser cambiado a otro puesto de trabajo, donde no se superen los  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de concentración ambiental.



En la figura XII-3 hemos resumido lo que estipula el Reglamento en cuanto a la frecuencia con que deben realizarse los controles ambientales y biológicos, en función de los valores ambientales y de plumbemia con que nos encontremos.

## CONTROLES NECESARIOS

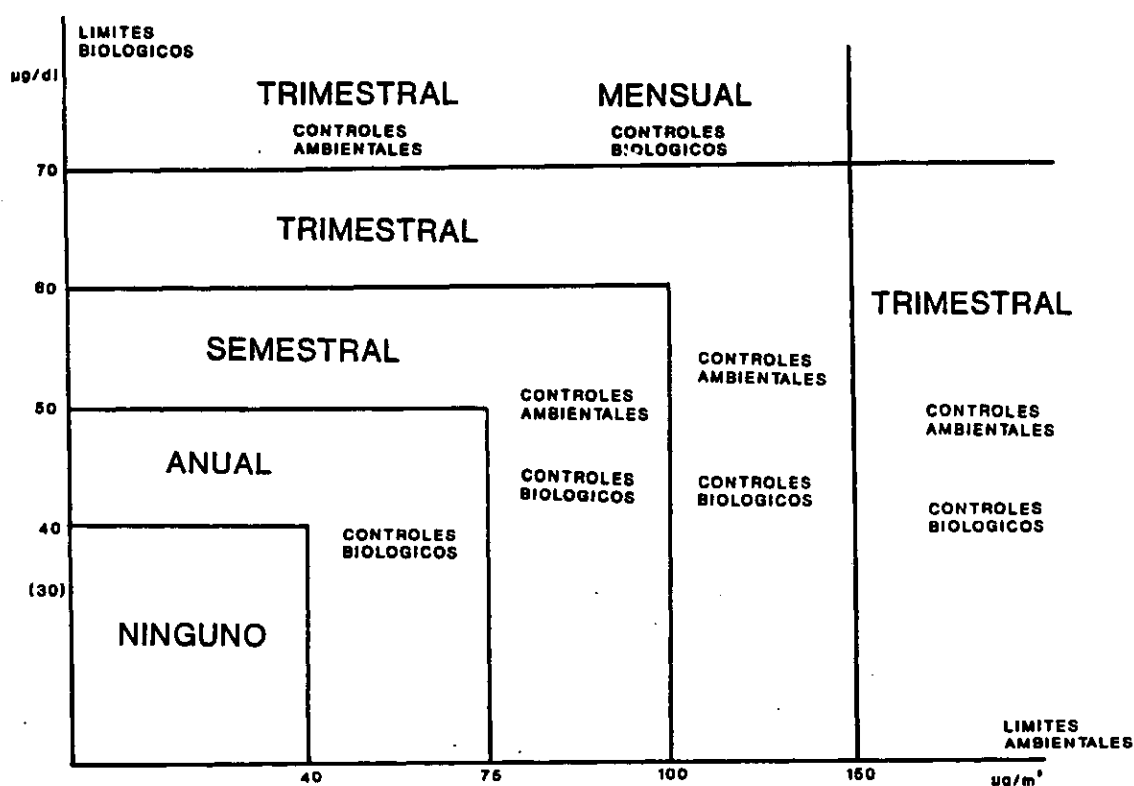


Figura XII-3

OTROS MEDIOS PREVENTIVOS Y DE ADMINISTRACION. Como complemento de todas las medidas anteriores consideradas básicas, el Reglamento establece otras con caracter preventivo y de administración.

- \* Protección personal.- Se estipula con caracter obligatorio el uso de la protección personal normalizada en estos casos, para todos los trabajadores con exposición a niveles ambientales superiores a los límites permitidos durante un tiempo no superior a 4 horas diarias, y siempre que el nivel de plomo en sangre no llegue al máximo permitido.
- \* Orden y limpieza.- En todas las instalaciones, con la suficiente intensidad y frecuencia como para que no tengan ninguna incidencia en la posible contaminación.
- \* Información .- Para todos aquellos afectados por las derterminaciones ambientales y reconocimientos de cada uno de ellos y de los niveles ambientales y valores grupales a los representantes de los trabajadores.
- \* Control de las instalaciones.- En el caso de que la ventilacion mecanizada fuera necesaria, para que la intensidad y flujo de la misma cumpla perfectamente su cometido.

- \* Cumplimentación de un Registro.- Con todos los datos referentes a determinaciones ambientales y biológicas.
- \* Fiabilidad de resultados.- Se deben de garantizar con suficiente acreditación, si se realizan con medios propios, o a través de instituciones con reconocida experiencia y prestigio.

#### XII.2.3.2 Diferencias entre DIRECTIVA Y REGLAMENTO

Como en nuestro país la norma de obligado cumplimiento emana del Reglamento, las posibles diferencias con relación a la Directiva no tienen demasiada trascendencia, ya que aquél, como dijimos, siempre tiene un carácter igual o más estricto que ésta en cuanto a la protección de la salud del trabajador se refiere. De todas formas, aunque sólo sea a título comparativo, vamos a enumerar las diferencias fundamentales entre ambos.

- \* El Reglamento hace referencia al tiempo de exposición como 40 horas/semana y 8 horas/día, mientras que la Directiva únicamente habla del primer caso, lo que podría modificar la estrategia de diseño de los muestreos.
- \* La determinación de Zn-PP se indica en la Directiva con carácter optativo, mientras que en el Reglamento se hace de forma obligatoria.

- \* EL Reglamento es más estricto en cuanto a los trabajadores a los que se debe de aplicar el control médico y vigilancia biológica, debiéndose hacer a todos aquéllos considerados expuestos. Por contra, la Directiva únicamente lo hace extensivo a los que superan el "nivel de acción". Ese mismo rigor se refleja al legislar la frecuencia con que dichos controles deben realizarse.
- \* El Reglamento presta una atención especial a las mujeres trabajadoras, estableciendo un nivel distinto para el concepto de "trabajador expuesto".

### XII.3 METODOLOGIA ANALITICA

Todo lo que hemos indicado en capítulos anteriores respecto al tratamiento del instrumental, aparataje, técnicas, etc..., se puede aplicar al caso de la determinación de plomo en sangre, por lo que en este apartado nos vamos a limitar a describir las particularidades propias de la técnica analítica del plomo y de la Zn-PP en sangre.

### XII.3.1 RECOGIDA DE MUESTRAS BIOLOGICAS

Para cada uno de los casos analizados hemos tomado una muestra de 3 ml de sangre total mediante punción venosa, con un tubo de vacío conteniendo sal dipotásica del ácido etilen-diamino tetracético (EDTA-K2) como anticoagulante. En el mismo día de la extracción se determinó la Hemoglobina y el Hematocrito, mediante un contador automático Coulter T660.

Según veremos más adelante, la determinación de Zn-PP se realizó ese mismo día, o como máximo en el plazo de una semana, guardándose en tal caso en nevera a 4°C.

Una vez realizadas las anteriores determinaciones se van introduciendo cada una de las muestras de sangre en el congelador, donde se almacenan un mínimo de 2 y un máximo 25 días, a fin de que se conserven en perfectas condiciones y se produzca una total hemólisis.

### XII.3.2 DETERMINACION DE PLUMBEMIA

Periódicamente se fueron sacando las muestras de sangre existentes en el congelador, procediéndose a la determinación de la concentración de plomo, mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica con Cámara de Grafito, una vez que las muestras fueron debidamente atemperadas y homogeneizadas.

### XII.3.2.1 Técnica analítica

De una forma similar a lo ocurrido en el caso del manganeso en orina, también aquí recopilamos bastante información en lo que a métodos analíticos de plumbemia por cámara de grafito se refiere. En este caso todos estos métodos tenían unas características aún más similares, por lo que no resultó difícil definir nuestro propio método analítico, siempre muy próximo a las indicaciones que la casa fabricante del aparato P-E nos refería para este parámetro y especimen, y que de una manera esquemática indicamos en la hoja de características analíticas.(62)

Con este mismo método analítico se realizaron todas las determinaciones de plumbemia de los trabajadores, como por supuesto de las muestras de sangre enviadas por el INSHT para el programa de control de calidad PICC-Pbs que veremos en el capítulo siguiente.

#### CARACTERISTICAS ANALITICAS

Elemento: PLOMO

Matriz: SANGRE

##### PARAMETROS INSTRUMENTALES

Modelo de instrumento:	HGA-400
Longitud de onda	283,3 nm
Rendija	0,2 L
Fuente de energía	Lámpara de cátodo hueco
Corriente	25 mA
Corrector de fondo	SI
Altura de pico	Tiempo 6 s
Flujo de gas de purga	40 ml/s

## PROGRAMA DE HGA-400

	TEMP. °C	RAMP s	MANT s	LECT
Paso 1	90	10	5	
" 2	120	10	20	
" 3	250	10	5	
" 4	650	5	30	
" 5	1700	0	5	Read (Stop Flow)
" 6	2600	1	3	
" 7	20	1	10	

### XII.3.2.2 Método analítico

**OBJETO Y CAMPO DE APLICACION.-** Con este método se especifica el procedimiento a seguir y el equipo necesario para la determinación de plomo en sangre por Espectrofotometría de Absorción Atómica con Cámara de Grafito, en un intervalo de concentraciones de 5 a 100 µg de Pb/dl de sangre, aplicable fundamentalmente a problemas laborales de posibles exposiciones a plomo metálico y sus compuestos iónicos.

La interferencia espectral provocada por la absorción inespecífica a la longitud de onda de trabajo, hace necesario el uso de un sistema corrector de la radiación de fondo.

**REACTIVOS.-** En todos los análisis, de acuerdo con la norma ISO 3696, se usaron sólo reactivos de grado

analítico y agua de grado 3 de pureza como mínimo. En el caso del agua, además el contenido en plomo nunca fué superior a 0,01 µg/ml, la conductividad eléctrica era inferior a 2 US/cm o la resistividad eléctrica siempre superior a 0,5 mohm x cm.

Para las diluciones de las muestras se utilizó una disolución de tritón X-100 al 0,1% (V/V) en agua destilada (Octilfenoxi-polietoxietanol). Los tubos de la disolución fueron de polietileno, exentos de plomo, desechables y de 3 ml. En todos los casos las muestras de sangre se homogeneizaron durante 20 minutos en agitadores rotatorios, y otros 10 minutos después de realizada la dilución. Se utilizaron pipetas con puntas de plástico desechables para tomar alicuotas de las muestras y realizar la dilución; la carga de la muestra dentro del tubo de grafito se efectuó mediante una pipeta Nichyro-800 de capilar de cristal y émbolo de teflón, ya que estas pipetas tienen un alto grado de exactitud en pequeñas cantidades, del orden de 5-20 µl. Para evitar la posible contaminación por el efecto arrastre, antes de introducir en la cámara una determinada muestra, se tomaron dos o tres veces tirando el contenido.

PROCEDIMIENTO SE ANALISIS.- Todo el material utilizado era desechable, a escepción de los matraces para la dilución de patrones y las citadas pipetas de capilar de cristal.

Tanto los tubos de grafito como las ventanas de



cuarzo se han sometido durante todo el trabajo al tratamiento y limpieza indicados en el manual de instrucciones del fabricante.

Las muestras una vez sacadas del congelador se atemperaron durante un tiempo suficiente, se homogeneizaron en agitadores rotatorios durante 20 minutos como mínimo, tomándose posteriormente una alícuota de 200  $\mu$ l con la que se hizo una dilución de 1:5 V/V con agua destilada al 0,1% de tritón. La dilución se vuelve a homogeneizar unos 10 minutos, al cabo de los cuales ya tenemos preparada la matriz para su introducción en la cámara de grafito.

La cantidad que se suele introducir en la cámara puede variar entre 10 y 50  $\mu$ l, aunque generalmente, y mientras no se diga lo contrario, nosotros hemos trabajado con una carga de 20  $\mu$ l. En el comienzo de cada sesión de análisis y siempre que fué necesario, se utilizó como "blanco" (sin nada de plomo) la propia agua destilada empleada en las diluciones.

#### XII.3.2.3 Calibración

Para la calibración del aparato hemos utilizado alternativamente dos procedimientos. En primer lugar el convencional de "curva de calibrado por adición", ya descrito en el caso de determinación de manganeso en orina. Como apoyo de este primero aprovechamos otro mucho menos admitido desde un punto de vista estadístico, pero tremendamente práctico, fácil de aplicar, y utilizado por

muchos laboratorios, según informaciones del propio INSHT. Este último consiste en reutilizar como patrones de calibración las propias muestras enviadas por el INSHT en el programa PICC-Pbs, una vez valoradas estadísticamente por dicho programa. Si éstas muestras han sido conservadas perfectamente en nevera, las podremos usar durante 2 ó 3 meses, sin que prácticamente sufran ninguna alteración. De esta forma dispondremos de una amplia gama de patrones, perfectamente valorados, y que nos van a cubrir toda la escala de trabajo, desde 10 a 100 µg/dl.

La "curva de calibración por adición" se monitorizó recogiendo un pool de sangre completa de unos 30-35 ml; como normalmente va a pertenecer a varias personas, es necesario homogeneizarla hasta que la mezcla sea perfecta. El anticoagulante debe ser EDTA-K2 o en su defecto heparina. Una vez homogeneizada, se introducen 6 ml de sangre en cada uno de 5 tubos de poliestireno de fondo redondo. Los tubos se colocan en el congelador como mínimo 2 días, a fin de que la sangre se hemolice perfectamente; pasado ese tiempo se descongelan hasta temperatura ambiente, homogeneizándose seguidamente. Con el fin de eliminar la mayor parte de materia orgánica, se centrifugan a unas 5000 RPM durante 10 minutos, y sin mover los tubos, se decantan exactamente 5 ml de cada uno de ellos a otros tubos de poliestireno, añadiendo a cada uno de estos nuevos las cantidades siguientes de un patrón acuoso de plomo de 50 ppm, preparado lo más exactamente posible, a partir de uno comercial de 1000 ppm garantizado.

TUBOS	Nº	1	2	3	4	5
µl de 50 ppm		0	20	40	60	80
ABSORBANCIA		0,072	0,145	0,209	0,268	0,325

De esta forma hemos preparado unos patrones de plomo en sangre, cuyo valor real desconocemos, pero sabiendo en cada caso el incremento de plomo respecto al anterior. Los patrones se tratan como una muestra más, determinándose su absorbancia, y llevando estos valores frente a los incrementos de concentración se obtiene la "curva de calibrado" representada en la figura XII-4.

Como la absorbancia es relativamente lineal respecto a la concentración, según la curva de la figura, podemos concluir cuál será la cantidad de plomo que tenía el pool de sangre antes, y sumándose a lo añadido en cada caso, tendremos los valores reales de los patrones por adición.

### XII.3.3 DETERMINACION DE ZN-PROTOPORFIRINA

#### XII.3.3.1 Recogida de muestras

Ya se indicó que las muestras de sangre para la determinación de Zn-PP generalmente fueron las mismas que para plumbemias, midiéndose con antelación la hemoglobina y hematocrito de esa misma sangre. La sangre era recogida en tubos con EDTA-K2 como anticoagulante, pudiéndose almacenar en nevera a 4°C durante una semana sin que los valores de

# PLOMO EN SANGRE

## *Curva de Calibración*

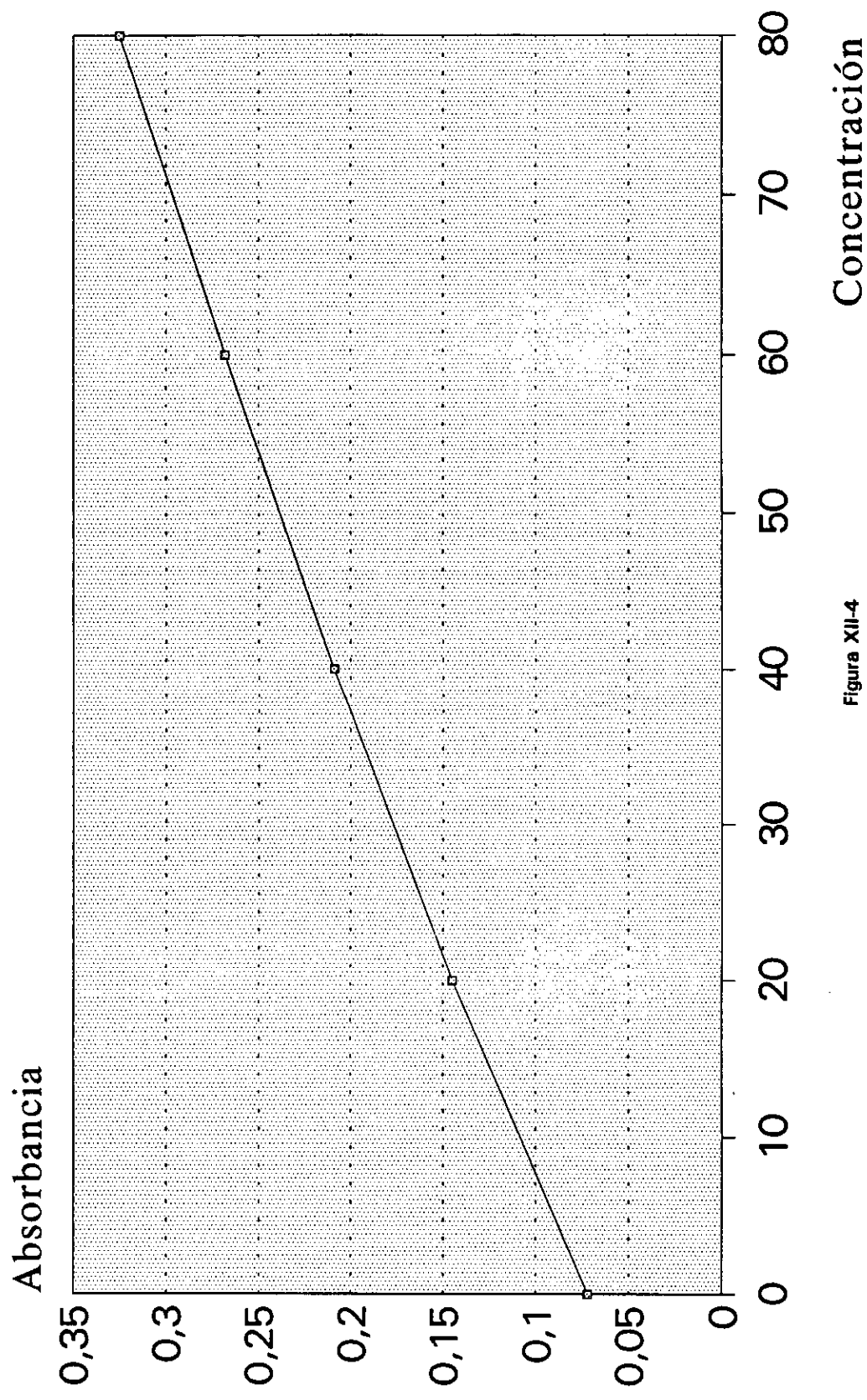


Figura XII-4



Zn-PP sufran alteración sensible. En el caso de no almacenar en nevera, la determinación de Zn-PP debe hacerse antes de 24 horas.

#### XII.3.3.2 Técnica analítica

La determinación de Zn-PP en sangre se ha realizado mediante un aparato, HEMATOFLUORIMETRO, diseñado exclusivamente para esta determinación. Dada la facilidad, rapidez y bajo coste de las determinaciones, prácticamente se ha impuesto como uno de los mejores métodos de vigilancia para la prevención de intoxicaciones en aquellos grupos de riesgo a atmósferas de plomo, cualquiera que sea su origen.

En este caso no se determinan niveles de plomo en ningún espécimen del organismo, sino que se mide un efecto metabólico provocado por la intoxicación de plomo. Por lo tanto, la presencia de valores moderados o altos de Zn-PP, indicarán una posible intoxicación por plomo, siendo necesario la determinación de plumbemia para su confirmación y aconsejable, en caso afirmativo, las de hemoglobina y hematocrito.

La ventaja fundamental de la Zn-PP es que con una determinación fácil y rápida, se pueden detectar intoxicaciones por plomo antes de que aparezcan los efectos patológicos anteriormente citados, con posibles consecuencias irreversibles.

Otra característica importante de este parámetro es su permanencia en el tiempo, estando presente durante la vida de los hematíes, que suele ser de unos 120 días. Así pues, resulta un óptimo índice de la acumulación de las exposiciones a plomo a que ha estado sometido un trabajador durante los cuatro últimos meses.

#### XII.3.3.3 Hematofluorímetro

El instrumento utilizado en nuestras determinaciones ha sido de marca AVIV, modelo 206, y esquemáticamente consiste en una fuente de excitación formada por una lámpara de halógeno de 12 v y 50 w, que se enciende cada vez que presionamos al botón "medida", por un tiempo de 5 segundos, permaneciendo el resto del ciclo apagada. Esta luz es filtrada para dejar pasar un haz de 415 nm, que se enfoca hacia el centro de una gota de sangre colocada en el medio de un cristal muy fino que tenga una pequeña fluorescencia de fondo, y situado en un alojamiento del aparato en posición horizontal. Este haz de excitación de luz forma un ángulo de 37 grados con la normal del cristal que contiene la gota.

La luz emitida, una vez excitada la gota de sangre, es recogida en dirección vertical, y se hace pasar a través de un filtro de banda muy estrecha, de forma que deja pasar sólo un haz de 596 nm, el cual llega a un fotomultiplicador diseñado para una gran sensibilidad al rojo de esa longitud de onda, y que nos va a cuantificar la cantidad de Zn-PP presente en la muestra.(63)

#### XII.3.3.4 Método analítico

Al ser diseñado el instrumento para esta determinación, la metodología analítica es sumamente sencilla, limitándose a colocar una gota de sangre (aproximadamente 20  $\mu$ l) una vez bien homogeneizada y oxigenada, en el centro de un cristal (normalmente un cubre) de 15x15 mm, ubicado en el interior del alojamiento de que dispone el aparato. Seguidamente se presiona el botón de medida y el aparato nos indica directamente el valor de la Zn-PP de la muestra en  $\mu$ g/g de hemoglobina.

La única precaución que se ha de tener es que las muestras estén perfectamente oxigenadas, puesto que de lo contrario obtendremos valores sensiblemente inferiores a los reales. Para conseguir esta oxigenación, una vez que la muestra esté perfectamente homogeneizada, tomamos una pequeña cantidad (0,5 ml) y la agitamos en un tubo abierto durante varios minutos antes de su determinación. Como comprobación de que la oxigenación ha sido buena, se realiza una segunda determinación 30 segundos después de la primera, y ha de ser igual o menor. Tampoco se puede esperar demasiado tiempo antes de efectuar la determinación, ya que según varios estudios, los valores de Zn-PP van disminuyendo con el tiempo, estabilizándose hacia los 6-8 minutos.(64)

En la práctica de las determinaciones rutinarias, a nosotros nos ha dado muy buenos resultados el colocar la gota en el centro del cristal y durante unos segundos



removerla con una pequeña espátula, consiguiendo así de una forma sencilla una casi perfecta oxigenación.

#### XII.3.3.5 Calibración

Para la Zn-PP no nos fué posible contactar con ningún control interlaboratorios, por lo que fué necesario utilizar controles valorados, que la propia casa fabricante puso a nuestra disposición. Por otro lado, que nosotros sepamos, es el método de calibración utilizado por los demás usuarios a los que hemos tenido acceso.

Los controles valorados son de escala baja, media y alta, y se corresponden a los valores medios de personas con normal, moderado y alto nivel de exposición, según el cuadro siguiente:

NIVEL BAJO	2,5 ± 0,37 µg/g Hb
NIVEL MEDIO	6,0 ± 0,66 " "
NIVEL ALTO	9,5 ± 0,98 " "

Como norma del fabricante, antes de comenzar una serie de determinaciones, se debe realizar una medida sin cristal, y el valor ha de estar dentro de:

-00,8 y -01,0 µg/g hemoglobina.

Igualmente, antes de cada una de las determinaciones se debe de hacer una medida con el cristal, sin muestra, y los valores han de ser:

-00,4 y +00,0 µg/g hemoglobina.

## **CAPITULO XIII**

### **PROGRAMA PICC - PbS**



### XIII.1 INTRODUCCION

Durante los últimos años hemos participado en el PROGRAMA Interlaboratorios de Control de Calidad de Plomo en sangre (PICC-Pbs) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, que tiene como objetivos:

- Elevar lo más posible el nivel de participación.
- Aumentar la calidad de los resultados obtenidos por los participantes.
- Comprobar la fiabilidad de nuestra metodología con el resto.

### XIII.2 CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS

Cada envío consiste en un lote de tres muestras con valores comprendidos entre 15 µg/dl y 80 µg/dl de sangre, que es el intervalo en el que esperamos se encuentren la mayoría de los trabajadores analizados, estén o no expuestos a ambientes con plomo.

### XIII.3 ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO

#### XIII.3.1 CONDICIONES GENERALES

##### XIII.3.1.1 Parámetros

En el análisis de resultados de este Control de Calidad se han seguido prácticamente los mismos criterios que para el Control de Calidad de filtros. Así pues, hemos determinado mediante distintos índices la EXACTITUD, FIABILIDAD, PRECISION, CORRELACION, REPRODUCTIVIDAD, etc, de cada una de las técnicas analíticas respecto al conjunto de laboratorios y de nuestra propia metodología, con un especial seguimiento durante los años 1990 y 1991, durante los que se han realizado la mayor parte de las medidas a que nos referimos en el presente trabajo.

##### XIII.3.1.2 Índices de valoración

Para la valoración de los resultados obtenidos por los distintos laboratorios participantes se han aplicado los siguientes criterios:

##### XIII.3.1.2.1 Resultados válidos

Se han considerado como válidos todos aquellos resultados comprendidos en el intervalo de  $\pm 2$  desviaciones estandard respecto al valor medio de los resultados de todos los laboratorios.

#### XIII.3.1.2.2 Resultados exactos

Se han considerado como exactos todos aquellos resultados comprendidos en el intervalo de  $\pm 15\%$  del valor de la media de los resultados válidos respecto a dicha media.

#### XIII.3.1.3 Índice de variabilidad

Lo definimos como la relación porcentual entre la diferencia del resultado de nuestro laboratorio con respecto a la media de resultados válidos, expresada como un porcentaje de esta media y un coeficiente de variación prefijado para este tipo de análisis.

$$IV = \frac{E}{C.V} \cdot 100, \text{ donde}$$

$$E = \frac{x - \bar{x}}{\bar{x}} \cdot 100$$

$x$  = Resultado de nuestro laboratorio

$\bar{x}$  = Media de resultados válidos

CV = Coeficiente de variabilidad elegido (15%)

#### XIII.3.1.4 Valor diana

Corresponde a la media de los resultados obtenidos por aquellos laboratorios que en las últimas

nueve muestras, al menos en ocho, sus resultados han diferido de la media de resultados válidos en una magnitud inferior a  $\pm 15\%$  de dicha media para concentraciones superiores a 40  $\mu\text{g/dl}$  de sangre, o de  $\pm 6$   $\mu\text{g/dl}$  para concentraciones inferiores a 40  $\mu\text{g/dl}$ .

Lógicamente para todos los siguientes cálculos vamos a considerar este valor diana como el que más se acerca al valor real de la muestra.

#### XIII.4 ANALISIS DE RESULTADOS

##### XIII.4.1 SEGUN TECNICAS ANALITICAS

###### XIII.4.1.1 Técnicas utilizadas

En esta parte hacemos un balance del Control de Calidad durante los últimos años en función del número de laboratorios participantes al comienzo y final de cada año, y del que utiliza cada una de las técnicas analíticas más frecuentes en la determinación de metales:

- ABSORCION ATOMICA CON COPA DE DELVES
- A.A. CON CAMARA DE GRAFITO
- A.A CON EXTRACCION - APDC
- ELECTROQUIMICA - ASV
- COLORIMETRIA - DITIZONA

#### XIII.4.1.2 Resultados

Los resultados de estos años se presentan en la Tabla XIII-1 y en la Figura XIII-1, en las que únicamente se han contabilizado todos aquellos laboratorios que han emitido resultados válidos.

En cuanto al número de laboratorios participantes se puede observar un progresivo incremento a lo largo de los años.

La técnica de A.A. con CAMARA DE GRAFITO ha sido sin duda la que ha experimentado un mayor auge en los últimos años, siendo utilizada por un mayor número de laboratorios. Casi todos los que últimamente se han ido incorporando al Programa lo han hecho por medio de la CAMARA DE GRAFITO. Asimismo, se puede observar un progresivo abandono por muchos laboratorios de la COPA DE DELVES en favor de la CAMARA DE GRAFITO, de forma que en el último año la representación de aquella es casi testimonial únicamente con dos laboratorios como usuarios.

La A.A. con EXTRACCION-APDL parece tener un número de laboratorios que optan por ella bastante estabilizado a lo largo de los años, mientras que solamente un laboratorio utilizó cada una de las técnicas ELECTROQUIMICA-ASV y COLORIMETRIA-DITIZONA.





PICC - PbS del I.N.S.H.T.

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO  
DE LABORATORIOS Y LA PRECISIÓN  
SEGÚN LAS TÉCNICAS ANALÍTICAS

AÑO	LABORA- TORIOS TOTALES		A. ATÓMICA COPA DE DELVES		A. ATÓMICA CÁMARA DE GRAFITO		A. ATÓMICA EXTRACCIÓN CON APDC		ELEC. QUÍMI- CA A.S.V.	COLO- RIME- TRIA DIT.
	Nº	CVM	Nº	CVM	Nº	CVM	Nº	CVM	Nº	Nº
1.986	35-37	14,33	10-11	14,48	12-13	14,26	13-14	13,02	1	1
1.987	43-43	14,52	13-13	14,20	15-15	14,10	14-12	14,80	1	1
1.988	44-49	14,02	13-13	12,50	16-16	12,50	13-18	14,52	1	1
1.989	50-51	12,11	13-13	10,24	16-16	10,15	19-20	12,40	1	1
1.990	53-64	12,55	17-13	9,86	17-24	10,72	21-25	13,9	1	1
1.991	50-47	12,75	5-3	9,19	24-26	10,75	19-17	13,61	1	1
1.992	51		3		28		19		1	1

Tabla XIII-1



# PICC - Pb S del INSHT

## PRECISION SEGUN TECNICAS ANALITICAS

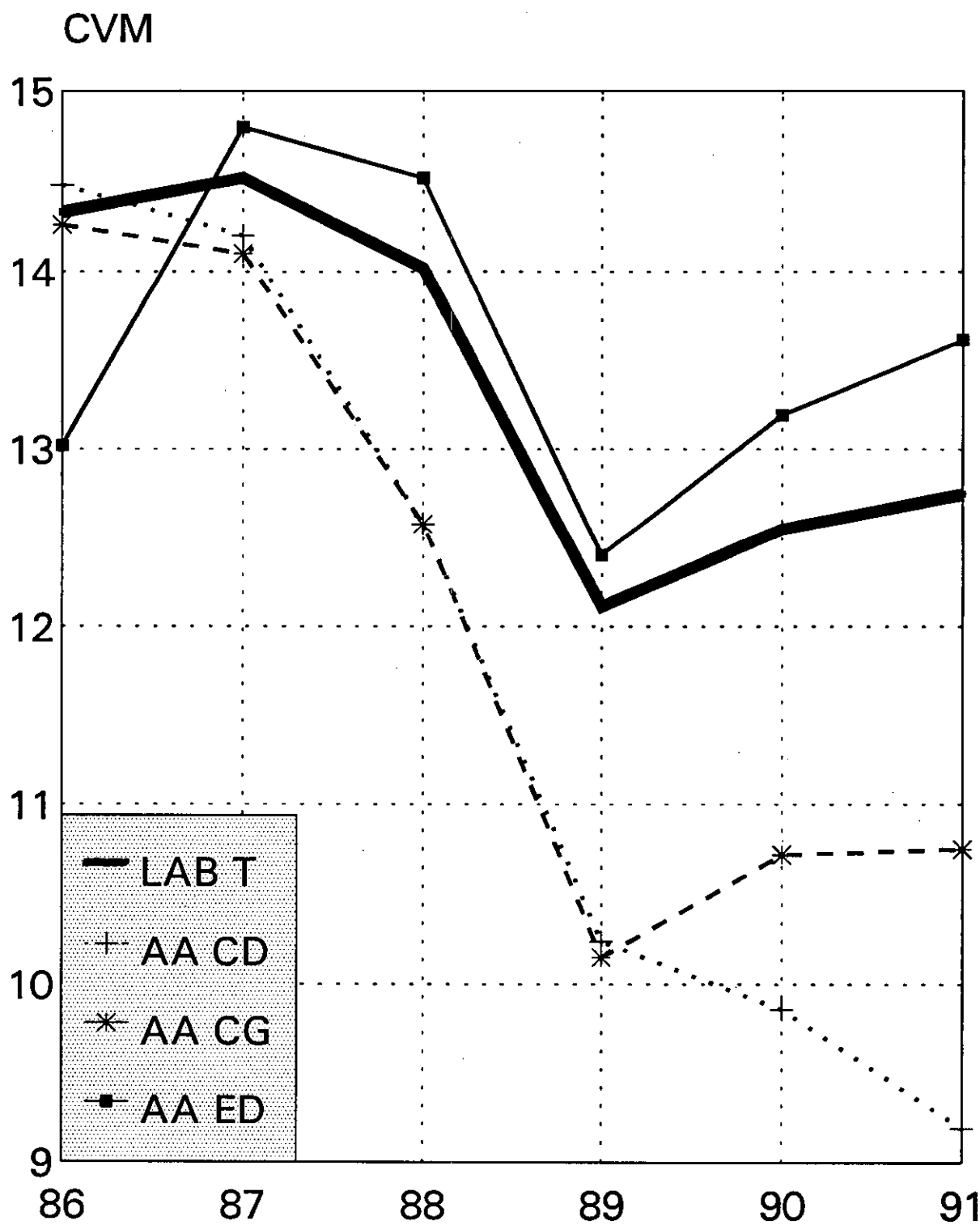


Figura XIII-1

AÑO



#### XIII.4.1.3 Precisión

La precisión para cada una de las técnicas la hemos determinado mediante el COEFICIENTE DE VARIABILIDAD MEDIO (C.V.M) de todos los coeficientes de variabilidad que a lo largo del año han presentado cada una de las técnicas antes citadas, según las expresiones siguientes:

$$\text{C.V.M} = \frac{\sum \text{C.V}}{n}$$

$$\text{C.V} = \frac{\sigma}{x} \cdot 100; \quad \sigma = \text{Desviación estandard}$$

$x$                        $x$  = Media de resultados válidos

En el caso de las técnicas Electroquímica-ASV y Colorimetría-Ditizona este cálculo no ha tenido lugar, ya que como dijimos, en ambos casos la participación se ha limitado a un laboratorio.

Los CVM se han representado en la Figura XIII-1 para todos los laboratorios y para cada una de las técnicas analíticas. Se puede observar cómo a lo largo de los años la PRECISION general de todos los laboratorios participantes ha ido mejorando (fué disminuyendo el C.V.M) debido a un mejor conocimiento y dominio de las distintas técnicas.

La PRECISION de la A.A con CAMARA DE GRAFITO y A.A con COPA DE DELVES han seguido la línea de mejoría del conjunto de laboratorios, incluso siendo superior a lo largo de cada uno de los años, pero mientras que en los dos últimos años la "cámara de grafito" ha sido utilizada por un número relativamente alto de laboratorios, la "copa de Delves" ha ido limitándose a unos pocos, en el último año 3, por lo que suponemos que serán aquellos que más conocida y mejor controlada tengan la técnica.

En el caso de "Extracción con APDC", a pesar de mejorar progresivamente, siempre ha tenido una PRECISION inferior a la media de todos los laboratorios.

#### XIII.4.1.4 Exactitud

La EXACTITUD de cada una de las distintas técnicas la hemos representado en las Figuras XIII-2 para el año 1990 y en la XIII-3 para el año 1991. Por ello se ha representado para cada una de las muestras de ambos años el error del valor medio de las medidas de los laboratorios que utilizan cada una de las técnicas, respecto al valor DIANA que, como dijimos, consideramos el más próximo al valor real. Este error lo hemos expresado en unidades de desviación estándar (Gráficas de Shewhart/Levey-Jenning).

Podemos observar que la técnica "Cámara de Grafito" presenta una mayor exactitud que las otras técnicas, siguiendo muy de cerca la gráfica que representa al conjunto de todos los laboratorios.

# PROGRAMA PICC - Pb s AÑO 1990

GRAFICAS DE SHEWHART/LEVEY-JENNING SEGUN TECNICAS ANALITICAS

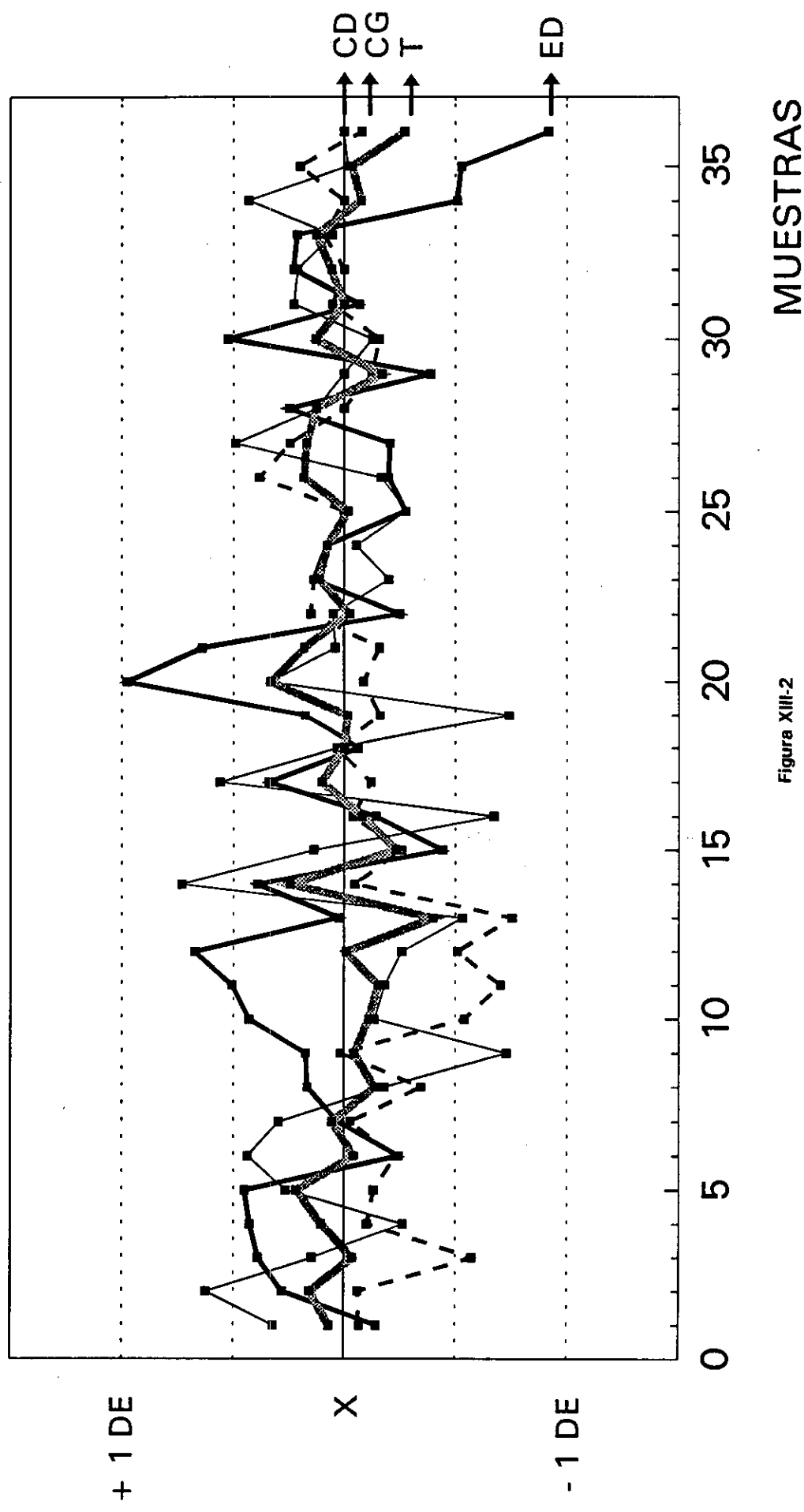


Figura XIII-2





# PROGRAMA PICC - Pb s AÑO 1991

GRAFICAS DE SHEWHART/LEVEY-JENNING SEGUN TECNICAS ANALITICAS

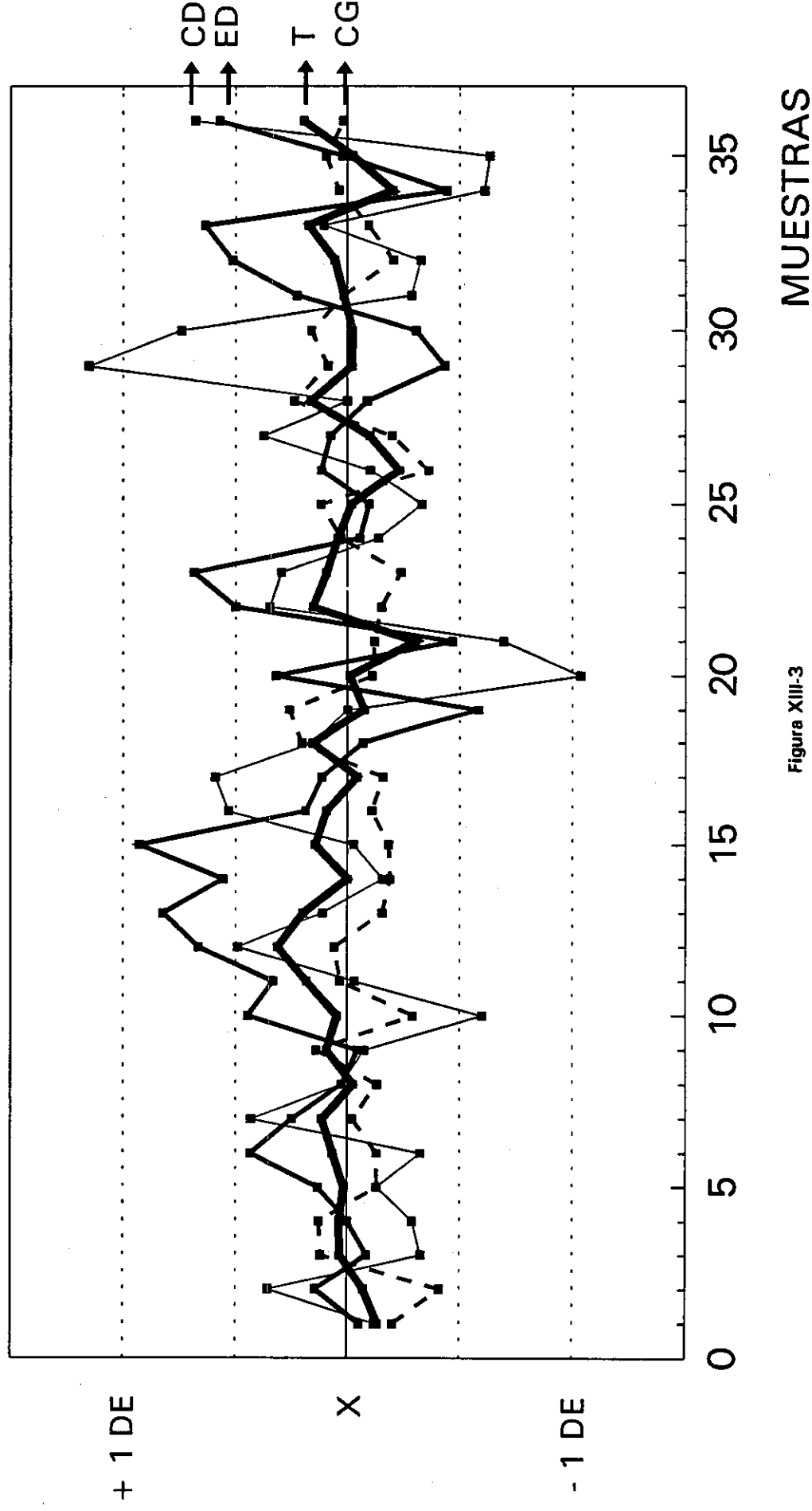


Figura XIII-3



## XIII.4.2 RESULTADOS DE NUESTRO LABORATORIO

### XIII.4.2.1 Evolución

A lo largo de los últimos años como ya hemos dicho, nuestro laboratorio ha participado en el programa PICC-Pbs con distinto éxito según los años.

En la tabla XIII-2 se ha reflejado esta evolución según el número de resultados enviados, aquellos que se han considerado válidos y por último los que se han aceptado como exactos. Como se ve, fué necesario llegar a 1988 para obtener unos resultados con la calidad suficiente para poder garantizarlos.

En la segunda parte de la tabla se ha concretado esta evolución para los años 90 y 91, que son los que recopilamos en este estudio, en función del error que cometíamos en las medidas en unidades de desviación standard.

### XIII.4.2.2 Resultados

Los resultados de nuestro laboratorio en el PICC-Pbs para los años 90 y 91 los hemos anotado en las tablas siguientes. En la tabla XIII-3 se indica una idea general para cada conjunto de muestras analizadas. Primero el número de laboratorios participantes, la media de todos los resultados enviados, la desviación standard y el

coeficiente de variabilidad. Seguidamente se eliminan todos aquellos resultados NO VALIDOS (fuera de  $\pm 2$  D.E) indicando el número de laboratorios que quedan y volviendo a recalcular el valor medio, la desviación estandar y el nuevo coeficiente de variabilidad.

La tabla XIII-4 refleja los resultados de nuestro laboratorio para cada una de las muestras en relación con el valor medio de todos los laboratorios participantes, el valor medio de los resultados válidos y el valor diana que, como dijimos, consideramos que es el más próximo al valor real.

#### XIII.4.2.2.1 Precisión

La precisión de nuestra metodología la reflejamos en función del I.V. según la expresión indicada en XIII.3.1.3 para el año 90 (tabla XIII-4) y año 91 (tabla XIII-6).

#### XIII.4.2.2.2 Exactitud

La exactitud de nuestras medidas la expresamos por el error cometido en cada determinación en unidades de desviación estandar en las tablas XIII-4 y XIII-6 para los años 90 y 91 respectivamente. La evolución de esta exactitud se ha representado en la Figura XIII-4.

## PICC - PbS DEL I.N.S.I.T.

### PARTICIPACIÓN DE NUESTRO LABORATORIO

R E S U L T A D O S			
AÑO	ENVIADOS	VALIDOS	EXACTOS
1.985	12	10	7
1.986	6	6	4
1.987	24	9	3
1.988	36	31	24
1.989	36	36	35
1.990	27	27	24
1.991	30	30	27

### RESULTADOS VÁLIDOS

	EXCELENTES	MUY BUENOS	BUENOS	REVISABLES	RECHAZABLES
AÑO	+ 0,5 D.E -	+ 1 D.E -	+ 2 D.E -	+ 3 D.E -	> 3 D.E
1.990	19	8	--	--	--
1.991	16	7	7	--	--

Tabla XIII-2



# PROGRAMA PICC - Pbs

## RESULTADOS TOTALES - AÑO 1.990

RESULTADOS TOTALES				RESULTADOS VALIDOS			
Nº	X	D.E	C.V.	Nº	X	D.E	C.V
38	49,0	8,3	17	35	48,3	5,9	12
37	26,6	4,4	17	35	26,6	3,2	12
40	79,5	13,0	16	36	79,8	8,2	10
38	61,9	7,8	13	36	61,8	6,9	11
37	30,0	3,9	13	36	29,8	3,7	12
37	60,0	7,7	13	36	60,5	7,2	12
37	66,3	7,0	11	36	66,9	6,3	9
42	49,6	12,5	25	39	46,9	7,2	15
42	60,9	13,6	22	38	57,1	7,1	12
42	78,6	15,6	20	39	73,5	10,4	14
42	46,9	7,1	15	40	46,5	4,5	10
41	24,1	4,8	20	38	24,3	4,1	17
41	58,8	10,0	18	39	55,8	8,1	15
37	50,0	5,5	11	35	50,0	4,9	10
37	31,9	6,5	18	35	30,8	5,0	16
37	56,3	9,1	14	35	56,2	6,4	11
32	62,6	11,7	19	30	65,1	6,2	10
32	27,4	8,6	31	29	26,2	4,5	17
39	58,0	7,8	13	36	57,3	5,4	9
39	48,3	6,8	14	37	48,2	6,0	12
39	36,2	6,0	17	37	36,1	5,3	15
41	48,4	8,1	17	38	49,1	5,6	11
40	62,6	13,2	21	36	64,3	8,7	14
41	39,4	9,6	24	38	38,6	6,3	16
39	38,1	7,7	20	37	36,9	5,7	15
38	49,7	7,6	15	35	48,1	5,2	11
40	68,4	7,3	11	37	69,0	5,5	8

Tabla XIII-3





# PROGRAMA PICC - PbS

## RESULTADOS DE NUESTRO LABORATORIO - AÑO 1.990

MUES- TRA	TODOS LABOR.	RESUL- TADOS VALIDOS	VALOR DIANA	LABORATORIO		
	X	X		VALOR	I.V.	ERROR D.E.
1	49,0	48,3	47,9	49,3	13	+ 0,04
2	26,6	26,6	26,1	24,5	52	- 0,47
3	79,5	79,8	80,1	73,8	50	- 0,43
4	61,9	61,8	62,1	63,8	21	+ 0,24
5	30,0	29,8	29,6	30,9	24	+ 0,23
6	60,0	60,5	61,5	58,1	26	- 0,24
7	66,3	66,9	67,2	60,3	65	- 0,85
8	49,6	46,9	47,7	45,1	25	- 0,36
9	60,9	57,1	58,2	53,2	45	- 0,56
10	78,6	75,3	75,4	63,5	104	- 0,96
11	46,9	46,5	48,3	42,5	57	- 0,62
12	24,1	24,3	23,3	21,1	87	- 0,62
13	55,8	55,8	57,7	53,9	22	- 0,19
14	50,0	50,0	50,5	47,8	29	- 0,40
15	31,9	30,8	30,3	30,4	2	- 0,23
16	56,3	56,2	56,2	51,9	52	- 0,48
17	62,6	65,1	65,2	57,9	73	- 0,40
18	27,4	26,2	24,7	20,7	139	- 0,78
19	58,0	57,3	57,4	56,3	11	- 0,21
20	48,3	48,2	47,1	45,4	38	- 0,42
21	36,2	36,1	35,2	36,1	0	- 0,02
22	48,4	49,1	48,4	49,4	4	+ 0,12
23	62,6	64,3	65,8	55,1	95	- 0,56
24	39,4	38,6	37,8	35,2	58	- 0,43
25	38,1	36,9	36,9	43,9	126	+ 0,75
26	49,7	48,1	47,8	49,8	23	+ 0,01
27	68,4	69,0	69,2	71,3	22	+ 0,39

Tabla XIII-4



# PROGRAMA PICC - Pbs

## RESULTADOS TOTALES - AÑO 1.991

RESULTADOS TOTALES				RESULTADOS VALIDOS			
Nº	X	D.E	C.V	Nº	X	D.E	C.V.
45	65,3	7,4	11	45	65,3	7,4	11
45	48,8	7,4	15	42	50,2	5,6	11
45	45,3	9,0	20	40	45,7	5,8	13
46	35,1	6,8	19	44	34,2	5,5	16
45	54,0	7,4	14	42	53,7	6,1	11
46	36,5	6,1	17	43	36,0	4,6	13
50	21,7	6,2	29	48	20,8	4,4	21
50	68,2	10,1	15	49	67,2	7,5	11
50	52,8	7,4	14	48	52,0	6,5	13
44	51,3	8,2	16	42	51,0	6,5	13
44	47,0	7,0	15	42	46,9	6,0	13
44	39,0	8,0	21	42	38,6	5,1	13
47	38,0	6,8	18	43	37,7	4,5	12
47	55,7	8,2	15	44	56,0	6,3	11
47	64,1	8,9	14	43	64,0	7,0	11
47	71,7	7,3	10	44	71,3	6,4	9
48	32,8	9,1	28	45	30,8	4,4	14
48	54,0	7,6	14	46	53,0	5,8	11
46	52,1	8,1	16	43	52,5	6,5	12
46	76,7	11,4	15	43	75,6	8,1	11
46	59,7	9,3	16	44	58,3	6,6	11
50	58,5	12,6	22	48	57,8	7,1	12
46	45,8	6,2	14	44	45,9	5,1	11
47	73,8	9,4	13	44	74,3	7,7	10
47	21,6	5,3	25	44	21,1	4,0	19
47	47,0	8,5	18	43	47,0	6,6	14
47	75,0	14,1	19	44	74,1	10,7	14
46	37,8	8,1	21	44	32,5	6,3	17
45	45,8	8,3	18	43	46,2	5,4	12
45	40,4	7,7	18	43	40,8	5,6	14

Tabla XIII-5



# PROGRAMA PICC - Pbs

## RESULTADOS DE NUESTRO LABORATORIO - AÑO 1.991

MUES- TRA	RESUL- TADOS TOTALES	RESUL- TADOS VALIDOS	VALOR DIANA	LABORATORIO		
	X	X		VALOR	I.V.	ERROR D.E.
1	65,3	65,3	66,3	75,8	107	+ 1,41
2	48,8	50,2	50,6	49,7	6	+ 0,12
3	45,3	45,7	45,5	46,2	7	+ 0,10
4	35,1	34,2	34,0	32,5	33	- 0,38
5	54,0	53,7	53,6	52,2	18	- 0,24
6	36,5	36,0	35,7	31,4	85	- 0,83
7	21,7	20,8	20,3	19,5	41	- 0,35
8	68,2	67,2	67,4	66,7	4	- 0,15
9	52,8	52,0	51,6	49,8	28	- 0,40
10	51,3	51,0	50,7	52,4	18	+ 0,13
11	47,0	46,9	45,8	41,5	76	- 0,78
12	39,0	38,6	37,0	35,2	58	- 0,47
13	38,0	37,7	36,8	31,3	113	- 0,98
14	55,7	56,0	56,0	44,1	141	- 1,41
15	64,1	64,0	63,0	55,5	88	- 0,96
16	71,7	71,3	70,7	60,5	100	- 1,51
17	32,8	30,8	31,0	27,4	73	- 0,59
18	54,0	53,0	52,1	53,8	10	- 0,02
19	52,5	52,5	53,0	52,7	2	+ 0,03
20	75,6	75,6	75,7	75,1	4	- 0,06
21	58,3	58,3	60,3	50,3	91	- 1,21
22	58,5	57,8	57,5	50,8	80	- 1,08
23	45,8	45,9	46,0	44,1	26	- 0,33
24	73,8	74,3	76,1	61,5	114	- 1,66
25	21,6	21,1	21,5	18,1	94	- 0,87
26	47,0	47,0	46,9	48,4	21	+ 0,21
27	75,0	74,1	73,5	59,4	128	- 1,45
28	37,0	37,5	36,4	36,5	33	- 0,08
29	45,8	46,2	47,3	43,9	33	- 0,35
30	40,4	40,8	39,7	36,1	76	- 0,76

Tabla XIII-6



### XIII.4.2.3 Regresión y correlación

#### XIII.4.2.3.1 Recta de regresión

El contraste entre los resultados obtenidos por nuestro laboratorio y los valores DIANA para cada una de las muestras analizadas durante los años 90 y 91, se han determinado según las mismas expresiones utilizadas para el PICC-Met del capítulo VIII.

La totalidad de muestras así como la recta de REGRESION se representan en la Figura XIII-5; aplicando las fórmulas anteriormente indicadas hemos obtenido la siguiente ecuación para la recta de regresión:

$$y = 0,8824 + 2,9831$$

#### XIII.4.2.3.2 Correlación

Igualmente, y según la fórmula antes expresada, hemos calculado el coeficiente de CORRELACION DE PEARSON:

$$\sigma_{xy} = 0,9522$$

#### XIII.4.2.3.3 Hipótesis de rechazo

La hipótesis de rechazo de resultados se determina mediante la "t" de Student para el conjunto de muestras, determinada por el "método de duplicados"

$$t \text{ de Student} = 4,7122$$



#### XIII.4.2.3.4 Error de estimación

Se ha calculado el error de estimación de las *yes* por las *equis*:

$$S_{yx} = 4,3301$$

y la comprobación de que ningún valor de las medidas se "separa" de la recta de regresión una magnitud superior a 3,5  $S_{yx}$ .

#### XIII.4.2.4 Valores inferiores a 50 $\mu\text{g/dl}$

Según podemos observar, en la Figura XIII-5 se aprecia una mayor dispersión en aquellos resultados altos en los que la precisión y exactitud de nuestra metodología parecen no ser tan aceptables. Como además la inmensa mayor parte de los resultados de la sangre analizada es inferior a 50  $\mu\text{g/dl}$ , no hemos considerado oportuno cambiar los parámetros del programa analítico de la "Cámara de grafito".

Como prueba hemos recalculado todos los parámetros anteriores para todos aquellos valores iguales o inferiores a 50  $\mu\text{g/dl}$ , dando los siguientes resultados:

- Recta de regresión  $y = 1,0333 x - 2,6099$

La recta de regresión y todos los valores iguales o menores de 50  $\mu\text{g/dl}$  se representan en la Figura XIII-6.

# GRAFICA DE SHEWHART/LEVEY-JENNING

Programa PICC - Pb S

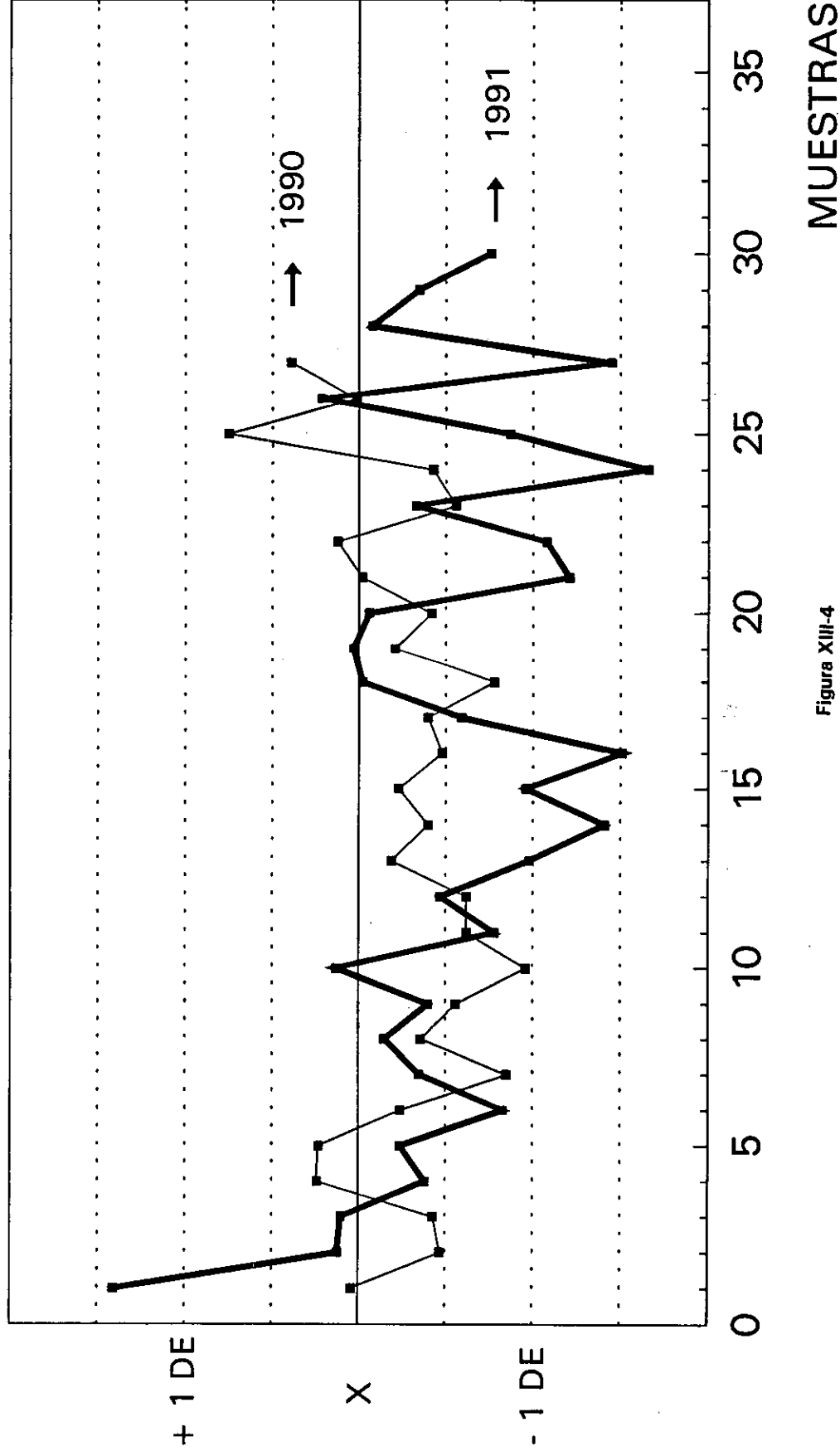


Figura XIII-4



# PROGRAMA PICC - Pbs del I.N.S.H.T.

## *Contraste de resultados*

### RECTA DE REGRESION

---

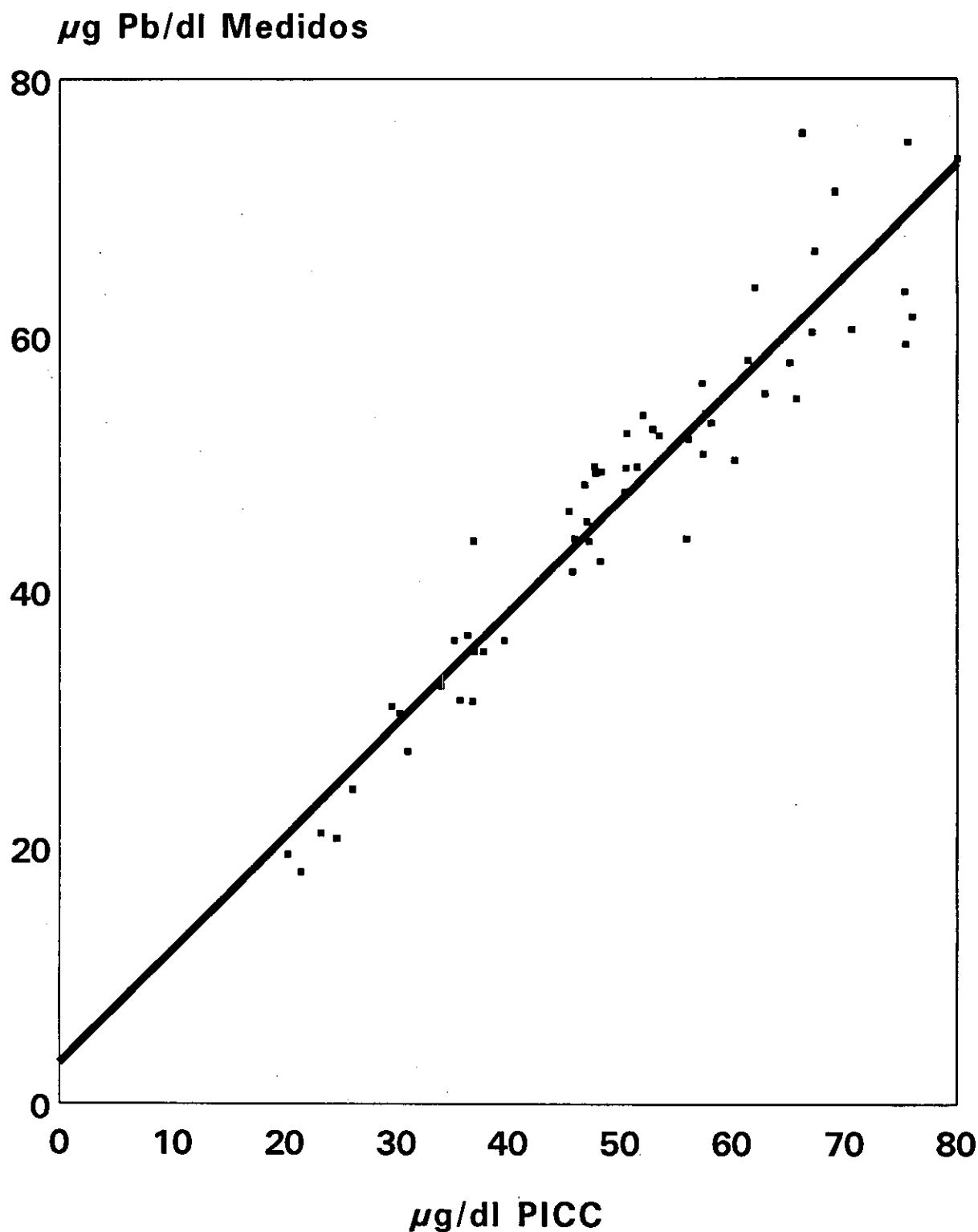


Figura XIII-5



# PROGRAMA PICC - Pbs del I.N.S.H.T.

## *Contraste de resultados*

### RECTA DE REGRESION

---

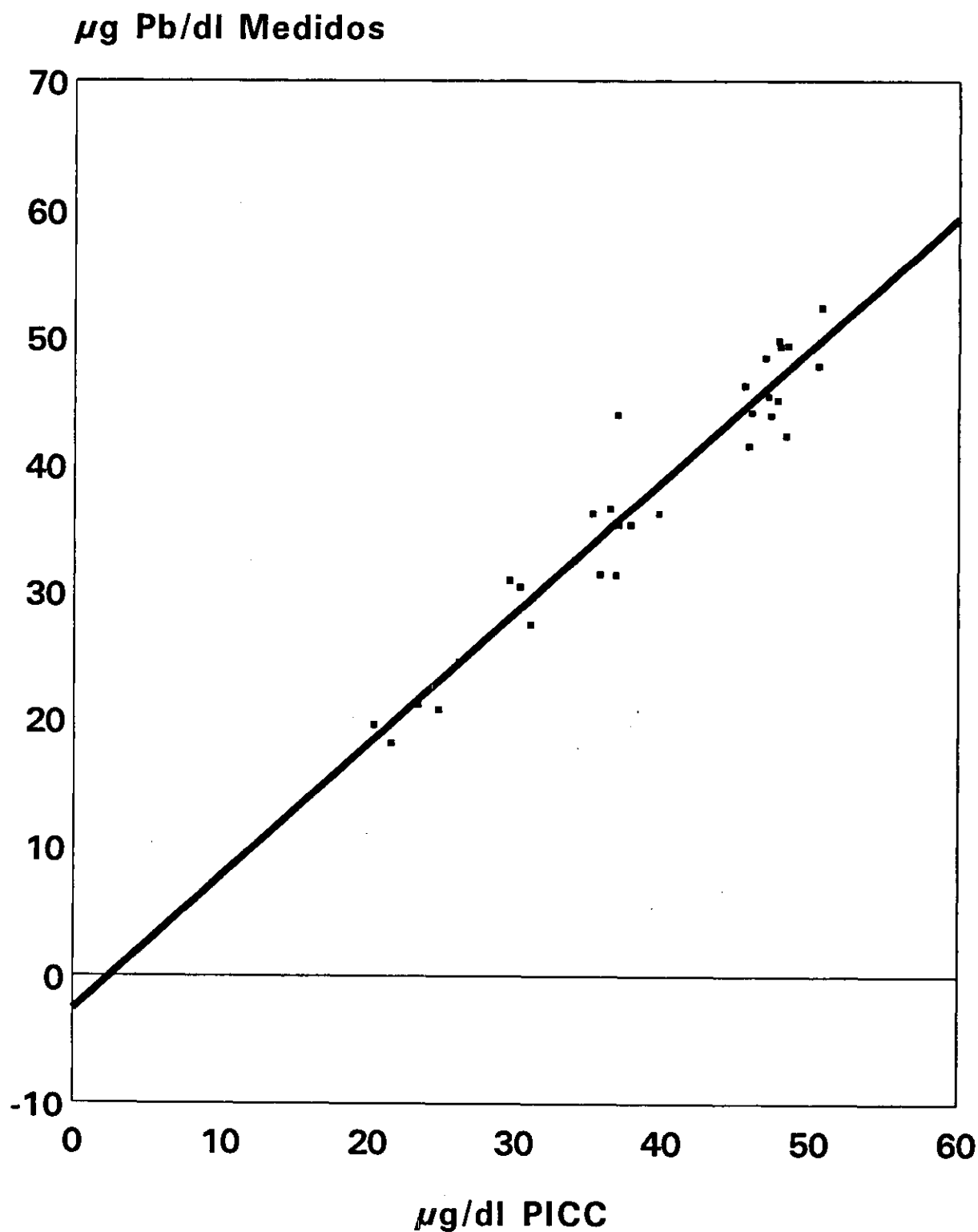


Figura XIII-6



- Coeficiente de correlación de Pearson  $\sigma_{xy} = 0,9645$
- t de Student = 2,6957
- Error de estimación de las yes por las equis  $S_{yx} = 2,7390$

#### XIII.4.2.5 Reproductividad

La REPRODUCTIVIDAD de nuestro laboratorio la hemos indicado mediante las GRAFICAS DE YOUNDEN de todos aquellos valores que a lo largo de los años se han repetido.

En el caso del año 90 las muestras números 8 y 11 por un lado, y las 24 y 25 por otro, eran fracciones de las mismas muestras. En las gráficas se han representado con puntos los valores de los distintos laboratorios y con un cuadrado los de nuestro laboratorio para cada pareja.

Durante el año 91 fueron partes de las mismas muestras las parejas números 13 y 28 por una parte, las 18 y 19 por otra, y las 2 y 10 finalmente.

#### XIII.5 PARAMETROS ESTADISTICOS

En la tabla XIII-7 se han representado todos los parámetros estadísticos para el conjunto de muestras analizadas durante el 90 y 91. Como quiera que parece que



en los valores altos tanto la precisión como la exactitud parecen no alcanzar el nivel de la parte inferior de la recta de regresión, se han calculado los mismos parámetros para todas aquellas muestras que durante los dos años hayan presentado un valor igual o inferior a 50 µg/dl.

### XIII.6 CONCLUSIONES

Como conclusiones al presente capítulo referente al control de calidad de la analítica del plomo en sangre, podemos indicar:

#### XIII.6.1 TECNICAS ANALITICAS

En cuanto a las distintas técnicas analíticas, no cabe duda que la A.A. con CAMARA DE GRAFITO es la que presenta un futuro más prometedor, ya que por su facilidad de aplicación es la que mayor número de laboratorios aplican. Además, como se vió en las distintas gráficas, es la que ha presentado mejor respuesta en cuanto a la PRECISION y EXACTITUD con relación a las otras técnicas.

#### XIII.6.2 NUESTRO METODO ANALITICO

Respecto a nuestro laboratorio, fué preciso esperar hasta el año 88 para obtener unos resultados que nos dieran una fiabilidad mínimamente aceptable.

## REPETITIVIDAD

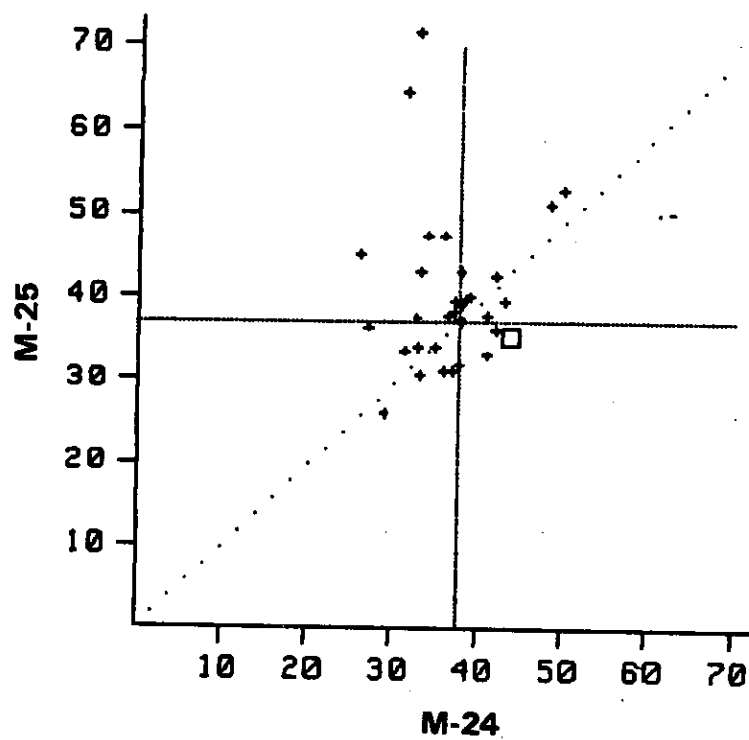
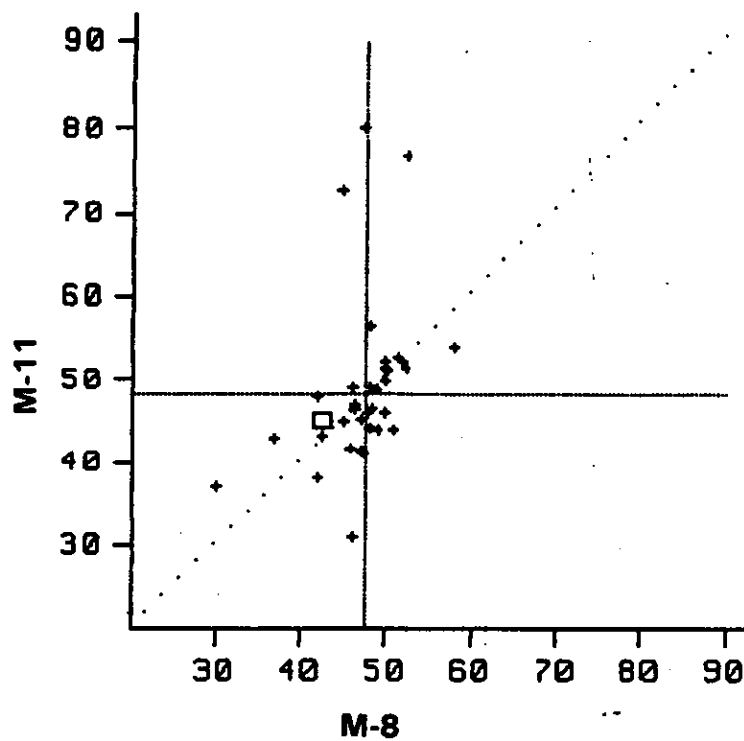


Figura XIII-7



## REPETITIVIDAD

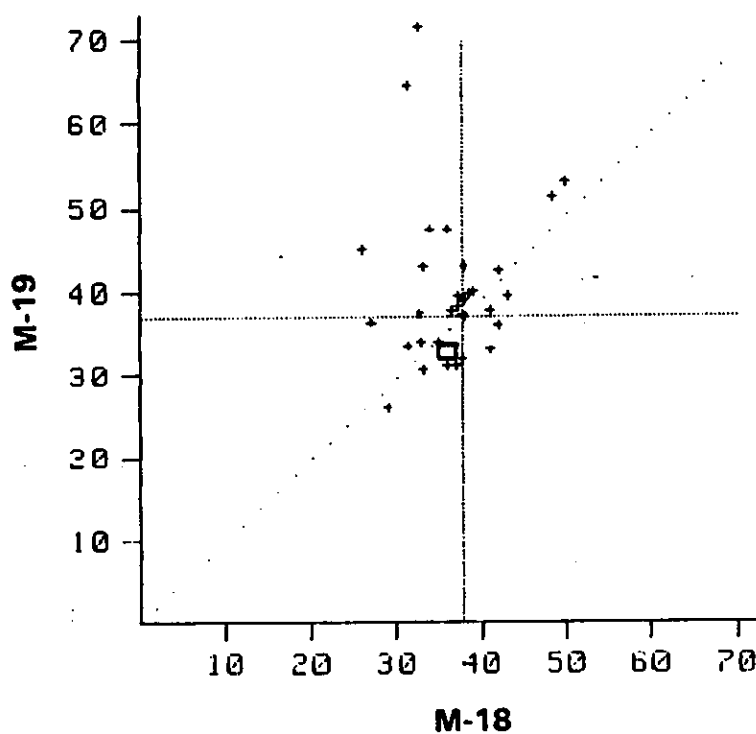
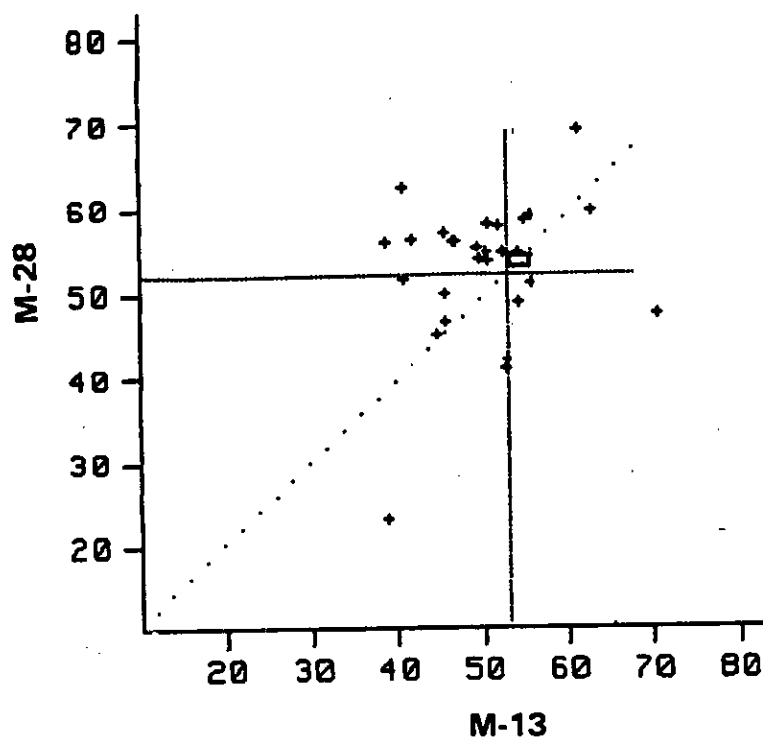


Figura XIII-8



## REPETITIVIDAD

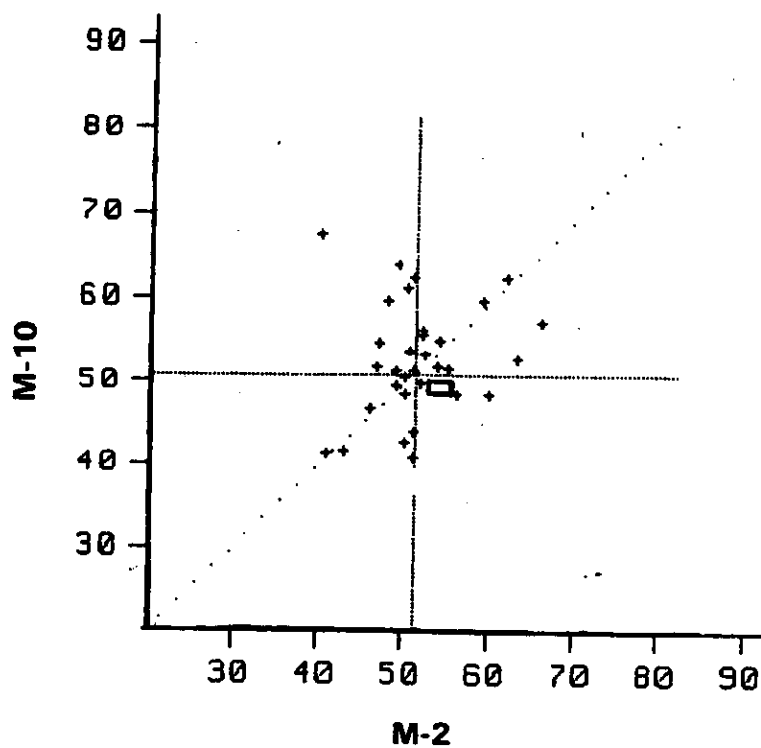


Figura XIII-9



# PROGRAMA PICC - Pbs del I.N.S.H.T.

## PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

PARÁMETROS	X 50 ng	X 80 ng
ERROR PROPORCIONAL "m"	1.0333	0,8824
ERROR CONSTANTE "b"	- 2,6099	+ 2,9831
ECUACION DE LA RECTA DE REGRESIÓN	$y = 1,0333x$ - 2,6099	$y = 0,8824x$ + 2,9831
COEF. CORR. PEARSON " $r_{xy}$ "	0,9645	0,9522
T. DE STUDENT "t"	2,6295	4,6707
DIFERENCIA MEDIA "d"	+ 1,3129	+ 2,9157
D.E. DE LAS DIFERENCIAS "s"	2,7116	4,6716
ERROR DE ESTIMACIÓN DE LAS YES POR LAS EQUIS "Sys"	2,7390	4,3301

Tabla XIII-7





Como se ha indicado, en la tabla XIII-7 hemos representado todos los parámetros estadísticos; en la primera columna para todos aquellos valores iguales o inferiores a 50 µg/dl y en la segunda para la totalidad.

En cuanto a la correlación, ambas rectas pueden ser aceptables, aún cuando se haya mejorado en el primer caso, según se ve en los valores del coeficiente de correlación de Pearson.

- $x \leq 50 \text{ µg/dl}$        $\delta_{xy} = 0,9645$
- $x \leq 80 \text{ µg/dl}$        $\delta_{xy} = 0,9522$

Si utilizamos la  $t$  de Student como índice de valoración de la hipótesis de igualdad para cada una de las parejas de valores (el real y el medido por nosotros):

- En el caso de  $x \leq 50 \text{ µg/dl}$  y para un total de 31 muestras medidas dicha hipótesis de igualdad ha de ser aceptada con una imposibilidad de rechazo inferior al 99%.

Concretamente la  $t$  de Student calculada es  $t = 2,6295$ , según las tablas:

$$0,05 > P > 0,01$$

por lo que podemos afirmar que a un límite de nivel de confianza del 99% (entre el 95% y el 99%) no hay diferencias significativas entre cada pareja de valores.

- En el caso de  $x \leq 80 \text{ } \mu\text{g/dl}$  y para un total de 57 muestras la hipótesis de igualdad ha de ser aceptada, aunque ahora con una imposibilidad de rechazo del 99,9%.

$$t \text{ de Student} = 4,6707$$

por lo que para no haber diferencias significativas entre cada pareja de valores hay que extenderse a un límite de nivel de confianza del 99,9%.

De cualquier modo, aún en este último caso, los resultados obtenidos podemos considerarlos como perfectamente asumibles, ya que el error cometido es cuantitativamente inferior al que posiblemente se cometa en el muestreo, dada la gran diversidad de concentración de contaminante en las distintas zonas del local muestreado, e incluso a lo largo de los distintos momentos de la jornada laboral.

## **CAPITULO XIV**

### **DETERMINACIONES BIOLOGICAS DE PLOMO**



#### XIV.1 INTRODUCCION

Debido a la gran incidencia que la intoxicación por plomo está teniendo en muchas personas, bien sea en su actividad habitual, bien en el ambiente laboral, ha sido y está siendo en los últimos años uno de los tóxicos más investigados y analizados, fundamentalmente en el campo de la Higiene Industrial.

En capítulos anteriores hemos recordado someramente la toxicología clínica por efecto de la exposición al plomo, así como la amplia y precisa legislación que se debe de aplicar en Higiene Industrial, tanto en el ámbito de la CEE como en nuestro propio país.

Las causas por las que una persona puede alcanzar niveles anormales de plumbemia y/o de Zn-protoporfirina pueden ser muy variadas, y casi siempre acumulativas, aunque la frecuencia con la que suelen incidir no siempre sea la misma, ni por supuesto el nivel de consciencia de la persona que las padece.

De todas estas causas, la que aquí más nos va a ocupar lógicamente es la que se deriva de la exposición a atmósferas con plomo o sus derivados, que a causa de su actividad laboral, han de estar sometidas cierto número de personas. Por ello, a efectos comparativos, además del

personal de nuestra empresa potencialmente expuesto, hemos analizado a otra serie de trabajadores empleados en actividades relacionadas con posibles contaminaciones por plomo, todos ellos dentro del entorno de nuestra comarca, que por un lado hemos creído interesante su estudio, y por otro, como dijimos, nos ha sido permitido realizar las determinaciones por los responsables de estos colectivos.

Además de la causa laboral, frecuentemente se viene insinuando por algunos autores que la ingesta excesiva fundamentalmente de vino, contribuye al incremento de los niveles de plumbemia en el organismo. Por ello hemos elegido un grupo de personas que tanto por los datos personales recabados, como por los niveles de Gamma Glutamyl-Transferasa (GGT) en suero superiores al 250% de los considerados normales, podemos aceptar que tienen una alta ingesta de alcohol, en su mayor parte procedente de vinos de distintos tipos; por supuesto este grupo de personas no tienen ningún tipo de contacto con atmósferas contaminadas por plomo, al menos durante su jornada laboral.(65)

Como grupo referencia hemos seleccionado dentro de nuestra Empresa un grupo de trabajadores del que tenemos garantías totales de que, al menos dentro de la jornada laboral, no están sometidos a ningún tipo de exposición a plomo ambiental, por lo que podemos considerarlos representativos de las personas de nuestra comarca NO EXPUESTAS a contaminación por plomo.

Finalmente, otra opinión no siempre compartida por todos los autores pero sí bastante discutida, es la posible influencia que el consumo de tabaco puede tener sobre los niveles de plumbemia. Por ello, en los casos en que hemos considerado significativo, hemos presentado los resultados de las determinaciones y los parámetros estadísticos separadamente para las poblaciones de NO FUMADORES y FUMADORES, entendiendo como tales aquellas personas con un consumo diario de tabaco superior a los 10 cigarrillos, o que lo hubieran tenido a menos de 3 meses de la extracción de la muestra de sangre.(66)

Por lo tanto, vamos a ir evaluando los niveles de plumbemia y de Zn-PP en sangre, separando las poblaciones de fumadores y no fumadores en los casos que proceda, según se indica en el resumen siguiente.

#### XIV.2 RESUMEN DEL PROGRAMA DE DETERMINACIONES

+ Personas trabajadoras NO EXPUESTAS.

No fumadores.

Fumadores.

+ Personas trabajadoras con HEPATOPATIAS.

No fumadores.

Fumadores.

+ Agentes MUNICIPALES.

No fumadores.

fumadores.



- + Trabajadores de PINTURA DE AUTOMOVIL.
- + Trabajadores de COMPAÑIA AUXILIAR.
- + Trabajadores DE FABRICA DE PVC.
- + Trabajadores de PROCESOS DE SOLDADURA.
- + Trabajadores en labores de PINTURA.

También suele ser frecuentemente debatido en la toxicología del plomo la posible relación entre los niveles de plumbemia y los correspondientes de Zn-PP. A fin de contribuir a su posible concreción, hemos presentado la correlación entre ambos parámetros para un total de 50 trabajadores que suelen estar sometidos durante periodos relativamente largos a atmósferas cotaminadas por niveles de plomo bastante estables, por lo que se ha podido establecer el equilibrio entre ambos parámetros.

#### XIV.3 PERSONAS TRABAJADORAS NO EXPUESTAS

Como indicamos, las determinaciones de este grupo de personas pueden ser representativas de los niveles de plumbemia y Zn-PP de la población adulta de nuestra comarca que no tenga contacto alguno con atmósferas laborales contaminadas por plomo.

Hemos seleccionado a 120 trabajadores de nuestra Empresa de actividades administrativas y de servicios, de forma que tenemos total garantía de que al menos durante la jornada laboral no están sometidos a efectos de plomo ambiental. Por estas mismas razones, ha sido uno de los grupos que creímos oportuno presentar los resultados separadamente para fumadores y no fumadores. Inicialmente se dan los datos de la totalidad de las personas, y seguidamente para el caso de los hombres, ya que a fines comparativos, los demás grupos están formados exclusivamente por éstos.

La población de personas elegidas no expuestas, presenta los datos característicos siguientes:

+ Tamaño de la población	n = 120
- Hombres	n = 107
No fumadores	n = 58
Fumadores	n = 49
- Mujeres	n = 13
No fumadoras	n = 3
Fumadoras	n = 10
+ Edad	18 - 58 años
+ Antigüedad en la Empresa	1 - 30 años

Los resultados de las determinaciones analíticas y parámetros estadísticos para este grupo se reflejan en las tablas XIV-1 y XIV-2.



# NO EXPUESTOS

PLUMBEMIAS  $\mu\text{g/dl}$  de sangre

	TOTALES	NO FUMADORES	FUMADORES
MUESTRAS	n = 120	n = 60	n = 59
INTERVALO	8,3 - 35,5	8,9 - 31,4	8,3 - 35,5
MEDIA	18,7195	16,3166	21,3409
D E	5,9826	4,8903	6,0586
C V	31,95	29,97	28,38
LCS 99%	36,6674	30,9875	39,5168

## VALORES DE Zn - P

$\mu\text{g/g}$  de hemoglobina

	n = 120	n = 60	n = 59
INTERVALO	1,1 - 3,7	1,1 - 3,1	1,4 - 3,7
V.M	2,0625	1,8495	2,2590
D E	0,5033	0,4205	0,4820
C V	24,40	22,73	21,34
L C S 99%	3,5723	3,1110	3,7047

$\mu\text{g/de}$  sangre

	n = 119	n = 60	n = 59
INTERVALO	16,59 - 53,18	16,59 - 49,05	21,346 - 53,18
V.M	32, 2768	29,2104	35,3952
D E	7,3355	5,9721	7,3195
C V	22,73	20,44	20,68
L C S 99%	54,2833	47,1267	57,3538
Hb MEDIA	15,71	15,79	15,65

$\mu\text{g/ de}$  hematies

	n = 119	n = 60	n = 59
INTERVALO	42,5 - 128,5	42,5 - 114,8	50,0 - 128,5
V.M	74,7975	67,5227	81,9375
D E	17,3744	14,3998	17,3454
C V	23,22	21,3	21,16
L C S 99%	126,9207	110,4221	133,9737
Hto MEDIO	43,15	43,26	43,19



# NO EXPUESTOS

## HOMBRES

### VALORES DE Zn-PROTOPORFIRINA

µg/dl de sangre

	TOTALES	NO FUMADORES	FUMADORES
MUESTRAS	n = 107	n = 58	n = 49
INTERVALO	1.1 - 3,7	1,1 - 2,8	1,4 - 3,7
V.M	2,0341	1,8042	2,2682
D S	0,5048	0,3521	0,4882
C V	24,81	19,51	21,52
LCS 99%	3,5485	2,8605	3,7327

µg/ dl de sangre

	n = 106	n = 57	n = 49
INTERVALO	16,59 - 53,18	16,59 - 49,05	22,83 - 53,18
V.M	32,4420	28,8957	36,5658
D S	7,5311	5,9586	7,0982
C V	23,21	20,62	19,41
L C S 99%	55,0353	46,7716	57,8603
Hb MEDIO	16,08	16,02	16,12

µg/ dl hematies

	n = 106	n = 57	n = 49
INTERVALO	42,5 - 128,8	42,5 - 114,8	50,04 - 128,5
V.M	73, 9622	66,3018	82,8734
D S	17,5705	13,7066	17,4756
C V	23,75	20,67	21,08
L C S 99%	126,6737	107,4216	135,3002
Hcto MEDIO	43,86	43,58	44,12



#### XIV.4 PERSONAS CON HEPATOPATIAS

En este apartado se ha pretendido analizar la posible influencia que la ingesta de distintos tipos de vinos pudo tener en los niveles de plumbemia y Zn-PP.

No nos fué fácil disponer de un número significativo de personas que cumplieran con los requisitos necesarios, por razones obvias. Así pues, tuvimos que recurrir a la enzima Gamma Glutamil Transferasa (GGT) como parámetro indicativo de los niveles de ingesta de alcohol. De esta forma, previamente se analizó en nuestro laboratorio de Análisis Clínicos el suero de estas personas, incluyendo únicamente aquellas cuyo nivel de GGT era superior en un 250 % al máximo de los considerados como referencia de personas normales. Es decir, como en nuestro laboratorio los valores referencia normales para este parámetro son  $x < 50$  UI, sólo se han incluido en el grupo aquellas personas con valores de GGT superiores a 125 UI.

Por supuesto que al ser la GGT un índice indicativo de los posibles efectos del alcohol en el organismo, y más concretamente a nivel hepático, no tenemos la certeza total de que dicho efecto se deba exclusivamente a la ingesta de vino; sin embargo, según la información recabada así como los hábitos de comportamiento de la población de la que se extrajo la muestra, parece razonable pensar que en la mayoría de los casos el alcohol ingerido



sea prácticamente en forma de vino, por lo que podemos considerar a estas personas representativas de aquéllas que en nuestra comarca tienen un elevado consumo de vino.

La población de personas elegidas con hepatopatías presenta los datos característicos siguientes:

+ Tamaño de la población	n = 45
No fumadores	n = 20
Fumadores	n = 25
+ Edad	18 - 58 años
+ Criterio: Nivel sérico de GGT > 125 UI	

Suponiendo que el posible efecto del tabaco fuera acumulativo sobre el del alcohol, también en este caso hemos presentado separadamente las poblaciones de fumadores y no fumadores.

Los resultados de las determinaciones analíticas y parámetros estadísticos para este grupo de personas se reflejan en la tabla XIV-3.

# HEPATOPATIAS

PLUMBEMIAS  $\mu\text{g/dl}$  de sangre

	TOTALES	NO FUMADORES	FUMADORES
MUESTRAS	n = 45	n = 20	n = 25
INTERVALO	13,1 - 38,0	13,1 - 32,6	13,2 - 38,0
V.M	23,0590	22,5600	23,4582
D E	7,8234	6,1720	8,6123
C V	33,92	27,35	36,71
LCS 99%	46,5292	41,0760	49,2951

## VALORES DE Zn - PROTOPORFIRINA

$\mu\text{g/g}$  de hemoglobina

	n = 45	n = 20	n = 25
INTERVALO	1,1 - 5,0	1,1 - 5,0	1,9 - 5,0
V.M	2,5000	2,3950	2,5840
D S	0,7917	0,9040	0,6968
C V	31,66	37,74	26,96
L C S 99%	4,8751	5,1072	4,6744

$\mu\text{g/dl}$  de sangre

	n = 45	n = 20	n = 25
INTERVALO	17,6 - 73,0	17,6 - 473,0	25,5 - 70,5
V.M	38,8706	36,4850	40,7792
D S	106562	11,9824	9,2727
C V	27,41	32,84	22,38
L C S 99%	70,8395	72,4322	68,5974
Hb MEDIA	15,55	15,23	15,78

$\mu\text{g/dl}$  de hematies

	n = 45	n = 20	n = 25
INTERVALO	38,7 - 178,9	38,7 - 178,9	70,2 - 178,0
V.M	91,3024	86,9935	94,7469
D S	29,1747	33,6443	25,2289
C V	31,95	38,67	26,62
L C S 99%	178,8267	187,9266	170,4363
Hto MEDIO	42,57	41,93	43,05



#### XIV.5 AGENTES MUNICIPALES

Parece fuera de toda duda que la combustión de los motores de los automóviles contribuye en gran medida al deterioro que la atmósfera está sufriendo día a día. Este deterioro lógicamente es mucho más acentuado en las grandes y medianas ciudades, con una importante componente de plomo tóxico emitido al ambiente por los tubos de escape.

Debido a esto, se suele considerar a todas aquellas personas que realizan su actividad laboral cerca del tráfico automovilístico como grupo de riesgo a intoxicación por plomo ambiental. Uno de estos colectivos lo forman los agentes municipales, que en mayor o menor medida realizan su trabajo en medio del tráfico de nuestros pueblos y ciudades.

Lógicamente, según sean las condiciones laborales de cada uno de estos trabajadores por el lugar de ubicación del puesto, condiciones urbanísticas de la zona, fluidez del tráfico, jornada laboral, etc, etc, va a ser la incidencia que los contaminantes emitidos por los coches van a tener sobre ellos.

En nuestro caso hemos realizado las determinaciones de plumbemia y Zn-PP a un grupo voluntario de agentes urbanos de nuestro Municipio. Las condiciones

laborales de cada uno de estos trabajadores pueden ser sensiblemente diferentes, tanto por el horario como por el puesto de trabajo. También queremos apuntar que el tráfico en nuestra ciudad sólo presenta una mediana fluidez en los cortos espacios de tiempo de las horas punta del mediodía y la tarde. A este colectivo de personas se les realizó una única extracción de sangre, ya que al ser trabajadores con pautas muy regulares, no debe haber variaciones significativas de unos periodos a otros.

El grupo de agentes municipales presenta los datos característicos siguientes:

+ Tamaño de la población	n = 47
No fumadores	n = 23
Fumadores	n = 24
+ Edad	20 - 65 años
+ Antigüedad en el puesto	1 - 35 años

Por las mismas razones que en las hepatopatías, hemos creído oportuno el presentar los resultados separadamente para las poblaciones de fumadores y no fumadores.

Los resultados de las determinaciones analíticas y parámetros estadísticos se reflejan en la tabla XIV-4.

**AGENTES MUNICIPALES**  
**PLUMBEMIAS  $\mu\text{g/dl}$  de sangre**

	TOTALES	NO FUMADORES	FUMADORES
MUESTRAS	n = 47	n = 23	n = 24
INTERVALO	9,0 - 31,1	10,4 - 31,1	9,0 - 27,3
V.M	18,3085	17,1956	19,3750
D S	4.7136	4,6851	4,5842
C V	25,74	27,24	23,66
LCS 99%	32,4495	31,2410	33,1280

**VALORES DE Zn - PROTOPORFIRINA**

$\mu\text{g/g}$  de hemoglobina

	n = 46	n = 22	n = 24
INTERVALO	1,3 - 2,8	1,4 - 2,6	1,3 - 2,8
V.M	2,0180	1,8143	2,2048
D E	0,3755	0,3052	0,3387
C V	18,60	16,82	15,36
L C S 99%	3,1445	2,7299	3,2208

$\mu\text{g/dl}$  de sangre

	n = 46	n = 22	n = 24
INTERVALO	21,67- 44,5	21,67 - 44,0	24,85-- 44,5
V.M	31,2603	27,8155	34,5569
D E	6,0961	4,8521	5,3007
C V	19,50	17,44	15,34
L C S 99%	49,5485	42,3717	50,4591
Hb MEDIA	15,49	15,33	15,67

$\mu\text{g/dl}$  de hematies

	n = 46	n = 22	n = 24
INTERVALO	48,8 - 94,0	48,08 - 82,58	64,83 - 94,0
V.M	69,3596	66,7897	71,7152
D E	8,1968	7,1969	8,4886
C V	11,81	10,77	11,83
L C S 99%	93,9501	88,3804	97,1809
Hto MEDIO	45,06	41,64	48,18



#### XIV.6 TRABAJADORES DE PINTURA DE AUTOMOVIL

Los materiales empleados en este tipo de industrias, y concretamente sus pinturas, no son considerados potencialmente peligrosos con relación a la toxicología del plomo. Como confirmación de esta suposición y a fines comparativos con grupos de actividades similares, decidimos evaluar una población representativa de estos trabajadores.

Por razones ya explicadas, no nos fué posible hacerlo en algún taller con mayor número de trabajadores, sino que nos tuvimos que limitar a uno pequeño dedicado a todas las actividades relacionadas con reparación de chapa de automóvil, incluida pintura, e incluso no todos se presentaron voluntarios.

El taller estaba formado únicamente por una gran nave, donde se realizaban todas las actividades de reparación, sin ninguna separación entre ellas, y con una buena ventilación natural por ventanas y portones de entrada. Cuando se realizó la visita, los trabajadores con actividades peligrosas utilizaban mascarillas de protección personal.

Los trabajadores del taller de reparación de chapa de automóvil presentan los datos característicos siguientes:



+ Tamaño de la población	n = 5
+ Edad	39 - 42 años
+ Antigüedad en el puesto	13 - 22 años

Los resultados de las determinaciones analíticas y parámetros estadísticos para este grupo se reflejan en la tabla XIV-5.

## TALLER PINTURA DE AUTOMOVILES

Nº	Pb-S µg/dl	Zn-PP µg/g-Hb	Hb µ/dl	Zn-PP µg/dl	Xto %	Zn-PP µg/dl hem
1	18,3	2,9	16,3	47,27	43,6	108,42
2	20,6	2,2	16,0	35,2	44,7	78,75
3	31,3	3,3	15,5	51,15	43,4	117,86
4	19,9	2,5	16,5	41,25	45,8	90,07
5	18,5	2,4	16,0	38,4	44,0	87,272
MEDIA	21,72	2,66	16,06	42,654	44,3	96,474
D E	5,4407	0,4393	0,3781	6,5023	0,9747	16,1240
C V	25,05	16,52		15,24		16,71
LCS 99%	38,0423	3,9779		62,1608		144,8460

Tabla XIV-5



#### XIV.7 TRABAJADORES DE COMPAÑIA AUXILIAR

Como es habitual en todas las grandes Empresas dedicadas a montajes, en la nuestra prestan sus servicios una serie de compañías auxiliares con muy diferentes actividades, que van desde limpieza, limpieza química, forrados, etc, hasta actividades muy similares a las desarrolladas por la propia Empresa.

Con la intención de tener argumentos comparativos con los resultados de nuestros trabajadores, hemos decidido evaluar a los miembros voluntarios de una compañía dedicada a varias labores como limpieza mecánica de superficies metálicas (chorreado), limpieza química de tanques, pintado de bloques, y otras de menor importancia. Argumentando de igual manera que cuando lo hicimos para nuestros trabajadores, no es posible determinar la estabilidad de un trabajador en el mismo puesto de trabajo, por el cambio continuo a que estan sometidos en este tipo de actividades. Por ello seguimos apostando por el valor de Zn-PP como mejor índice del nivel de exposición al que han estado sometidos.

El colectivo de trabajadores de la compañía auxiliar presenta los datos característicos siguientes:

- + Tamaño de la población                    n = 29
- + Edad    25 - 58 años
- + Antigüedad en el puesto                2 - 25 años

Los resultados de las determinaciones analíticas y parámetros estadísticos para este grupo se reflejan en la tabla XIV-6.

# COMPañIA AUXILIAR

	PLUMBEMIA μg/dl	Zn - PP μg/g.Hb	Hb g/dl	Zn - PP μg/dl	Hto %	Zn - PP μg/dl hen
POBLACION	n = 29	29	29	29	29	29
INTERVALO	13,2-27,4	1,4-3,0	14,42,50,84	22,12-50,84	41,8-50,6	46,96-106,36
V.M	20,0750	2,2586	15,77	35,59	46,54	76,61
D.E	5,5392	0,4532	0,8236	7,1473	2,2249	15,7443
C.V	27,52	20,06	5,22	20,08	4,78	20,55
LCS 99%	36,6929	3,6181	13,30 18,25	57,03	39,86 53,21	123,84

Tabla XIV-6



## XIV.8 TRABAJADORES DE FABRICA DE PVC

### XIV.8.1 CONDICIONES LABORALES

Los trabajadores de esta fábrica de PVC constituyeron la parte "desagradablemente positiva" del presente estudio, ya que los demás grupos evaluados, desde el punto de vista de contaminación por plomo, habían dado resultados completamente satisfactorios.

Se trataba de una pequeña fábrica de componentes de PVC, posteriormente manufacturados y embalados, situada en el entorno de nuestra area geográfica, y que disponía en el momento del estudio de una plantilla de unas 40 personas de las que únicamente 15, todos ellos hombres relacionados con procesos de producción, se presentaron voluntarios a la hora de las extracciones.

La actividad laboral se repartía en varias secciones, siendo la más importante en relación a la contaminación por plomo, la fabricación de láminas de PVC, por las propias materias primas utilizadas y las condiciones higiénicas en que la realizaban. Las demás actividades complementarias como la carpintería de aluminio para el ensamblaje de las láminas, o la carpintería de madera para el embalaje, tenían muy poca actividad comparadas con la primera.



Los trabajos de producción se realizaban en una única nave, sin ningún tipo de separación física entre ellos. Anexo a la zona de fabricación de láminas, y unido a la nave por un hueco en el tabique sin ninguna puerta, se encontraba un local pequeño dedicado al almacenaje y mezcla de las materias primas utilizadas para la fabricación.

La pesada y mezcla de las materias primas se efectuaba de forma totalmente manual, lo cual añadido a la falta de ventilación y de extracción localizada, hacía que se formara una atmósfera polvorienta con un alto índice de partículas en suspensión.

Algunas de las materias primas empleadas tenían un alto contenido en plomo, según las especificaciones técnicas suministradas por el fabricante; como ejemplo copiamos una de estas materias:

PRODUCTO HAS B2

Datos analíticos

	NORMA	REAL
% Pb *	33,03 ± 1,50	33,28
% Ca **	2,27 ± 0,50	2,44

\* Complexometría con EDTA y AMT

\*\* Complexometría con EDTA y NET

Como agravante hemos de indicar que durante nuestra visita los trabajadores de este local no utilizaban mascarillas de protección personal, que sí estaban disponibles, y que según algunas informaciones, era el comportamiento frecuente.

Todo ello nos hizo suponer la existencia de una contaminación ambiental por plomo para alguno de aquellos trabajadores, por lo que además del reconocimiento biológico creímos oportuno realizar algunas determinaciones ambientales que pudieran apoyar los resultados que presumiblemente íbamos a encontrar. Así pues, aunque en principio no estuviera programado ni sea el lugar indicado, vamos a reflejar un resumen de los niveles ambientales encontrados en los distintos puntos de la Empresa, al menos en lo que a aquellos metales que hemos considerado interesante se refiere. Las determinaciones de las concentraciones ambientales y parámetros estadísticos se reflejan en la tabla XIV-7; debiendo de señalar el alto nivel de concentración de plomo encontrado en la zona de mezclas antes citada.

# DETERMINACIONES AMBIENTALES

Nº Muestra	Lugar Muestra	Tiempo Muestra.	Vol. Muestr (Ltrs.)	Polvo recogido
1*	Blanco			
2	local de mezclas	67	100'5	17'68 mg.
3	taller salida laminas	30	45	0'11 mg.
4	recorriendo el taller	30	45	0'51 mg.
5	local de mezclas	15	22'5	1'9 mg.
6	carpintería	16	24	1'47 mg.

## CONCENTRACIONES OBTENIDAS

TLV (mg/m)		5	0'05	1	0'15	1	10	0'05	10
Filtr	Volumen	Mn	Cr	Fe	Pb	Cu	Zn	Cd	Mg
2	100'5	0'002	0'004	0'05	0'49	0'01	0'009	0'001	0'07
3	45	0'004	-	0'08	0'004	0'004	0'002	-	0'004
4	45	-	0'004	0'03	0'02	0'002	0'006	-	0'002
5	22'5	-	-	0'02	0'06	-	-	-	-
6	24	-	-	0'03	0'004	0'025	0'004	-	-

Tabla XIV-7

#### XIV.8.2 DETERMINACIONES BIOLOGICAS

Como en los demás casos anteriores, se determinaron los niveles de plumbemia y Zn-PP y sus correspondientes parámetros estadísticos. Después de conocer los resultados, hemos creído conveniente indicar los resultados particulares de cada trabajador junto con la edad y la antigüedad en el puesto de trabajo.

Este grupo de trabajadores presentaron los datos característicos siguientes:

+ Tamaño de la población	n = 15
+ Edad	21 - 45 años
+ Antigüedad en el puesto	1 - 22 años

Los resultados de las determinaciones analíticas y parámetros estadísticos se reflejan en la tabla XIV-8.



# FABRICA DE PVC

Nº	EDAD	ANT	Pb-S µg/dl	Zn-PP µg/g.H.	Hb g/dl	Zn-PP µg/dl	Hto %	Zn-PP µg/dl Hem
1	22	3	97,4	19,7	13,7	269,89	41,7	647,22
2	38	22	49,8	3,9	15,5	60,45	46,9	128,89
3	22	3	57,4	4,5	15,5	69,75	44,6	156,59
4	22	1	32,7	2,8	16,3	45,64	45,9	99,43
5	24	2	47,1	2,9	16,6	48,14	48,4	99,46
6	21	2	49,9	11,2	15,5	168,00	44,4	378,38
7	41	6	72,6	5,5	16,0	88,00	47,5	185,26
8	45	13	55,5	5,7	13,9	79,23	10,3	196,60
9	31	3	87,7	40,4	15,1	610,04	44,7	1364,74
10	34	18	45,6	2,9	15,9	46,11	46,2	99,80
11	26	3	63,4	10,3	15,8	162,74	46,6	349,23
12	24	3	70,4	12,9	16,1	207,69	46,2	449,54
13	41	7	73,3	10,5	15,3	160,65	44,4	361,82
14	26	3	26,0	3,0	14,5	43,5	43,1	100,93
15	23	2	29,0	2,3	15,1	31,71	44,6	71,10
V M	n=15		57,1866	9,22	15,35	139,44	45,03	312,58
D E			20,6532	9,9627	0,83	148,5574	2,16	335,1883
C V			36,11	108,05		106,53		107,23
LCS 99%			119,15	39,11		585,11		1318,15
V M	n=14		55,00	6,99		105,82		237,43
D E			19,5610	5,1735		74,2568		172,4958
C V			35,56	74,01		70,17		72,65
LCS 99%			113,70	22,51		328,59		754,92

Tabla XIV-8



#### XIV.8.3 DISCUSION

En la zona de mezcla de materiales se ha encontrado un alto nivel de contaminación por plomo.

Estas medidas fueron confirmadas más tarde por las altas concentraciones de plumbemia y Zn-PP encontradas en la sangre de aquellos trabajadores que habitualmente desarrollaban su actividad en aquella zona.

En la tabla XIV-8 hemos reflejado los parámetros estadísticos correspondientes a la totalidad de la población evaluada (n=15). Dado que los resultados del trabajador nº 9 (Pb-S 87,7 y Zn-PP 40,4) podían distorsionar el conjunto, se han recalculado una vez eliminado dicho trabajador (n=14).

Incluso con la población n=14, los valores medios y el LCS 99% de plumbemia y de Zn-PP son estadísticamente superiores a los de los demás grupos analizados y por supuesto indicativos de que se deben tomar rápidamente medidas de Higiene Industrial y Medicina Preventiva, a fin de neutralizar el riesgo de exposición.

Los correspondientes valores de plumbemia y Zn-PP para cada una de los trabajadores están muy en consonancia con los que les corresponderían según la ecuación de correlación, que para ambos parámetros se ha calculado en uno de los apartados de este capítulo.



Tanto la ecuación de la recta de regresión como el coeficiente de correlación lineal para este colectivo de trabajadores, son muy próximos a los calculados para el conjunto.

\* Pb-S - Zn-PP en  $\mu\text{g/g Hb}$

Ecuación:  $\text{Zn-PP} = 0,2184 \text{ Pb-S} - 2,7240$

Coeficiente de correlación  $\bar{O} = 0,7501$

\* Pb-S - Log Zn-PP en  $\mu\text{g/g Hb}$

Ecuación:  $\text{Log Zn-PP} = 0,01254 \text{ Pb-S} + 0,08034$

Coeficiente de correlación  $\bar{O} = 0,8547$

La representación gráfica de los 15 puntos y de la recta de regresión se reflejan en la figura XIV-1.

# RELACION PLUMBEMIA - Zn PROTOPORFIRINA

## *Recta de Regresión*

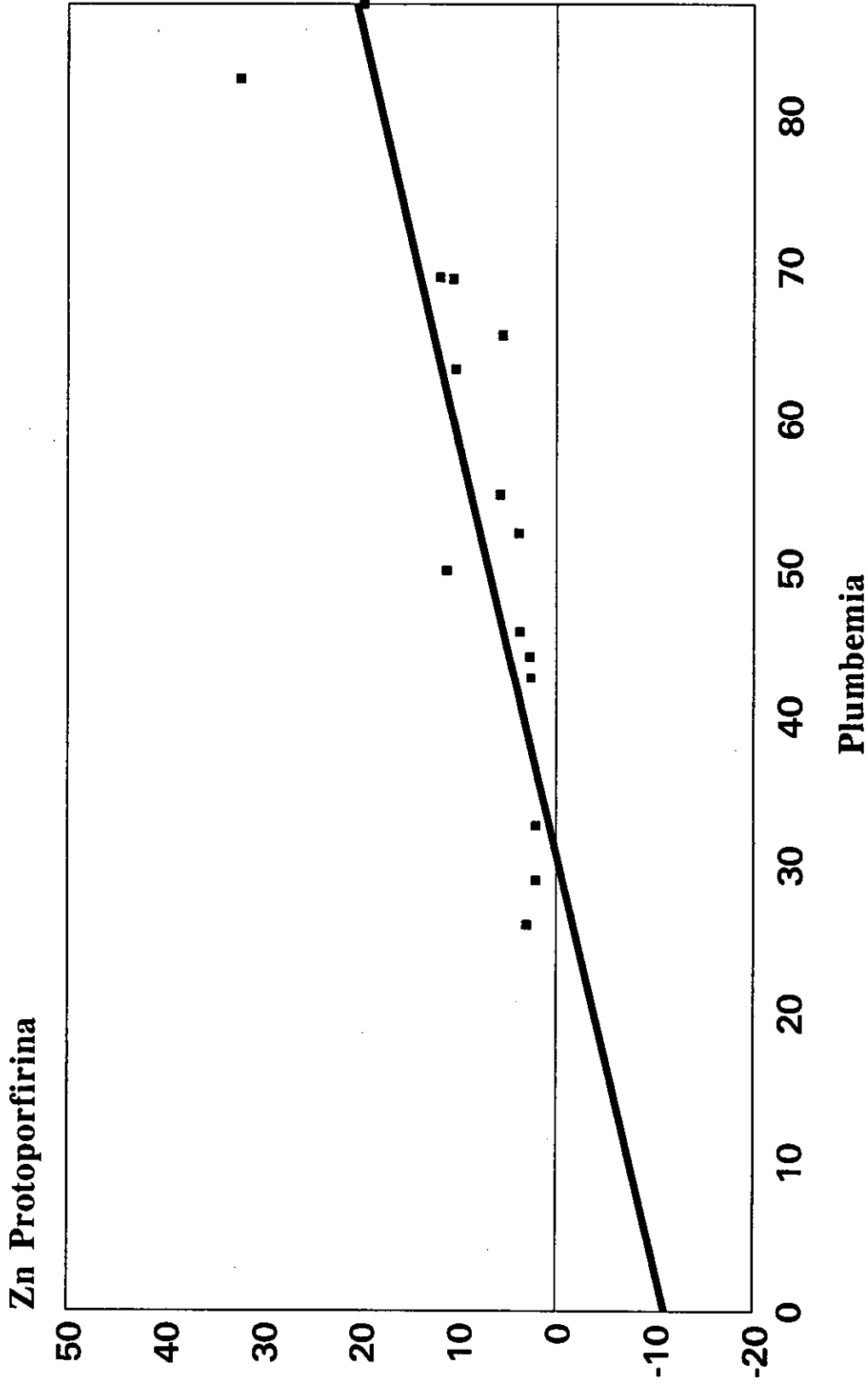


Figura XIV-1



## XIV.9 TRABAJADORES DE PROCESOS DE SOLDADURA

### XIV.9.1 DESCRIPCION

Según todas las determinaciones ambientales realizadas anteriormente, las labores de soldadura no deberían entrañar ningún riesgo de intoxicación por plomo para los trabajadores en ellas empleados. Unicamente en el caso de aplicar la soldadura a superficies impregnadas con pintura de imprimación de minio podrían aparecer en alguna medida niveles significativos de plomo ambiental.

A pesar de ello, hemos decidido hacer un seguimiento a lo largo de más de un año a un grupo bastante numeroso de soldadores, con unas características laborales ya indicadas anteriormente. De esta forma se confirman los bajos niveles ambientales medidos, y se determinan los valores representativos de plumbemias y Zn-PP de este colectivo de trabajadores.

### XIV.9.2 DETERMINACIONES DE PLUMBEMIA

El programa para la evaluación de plumbemia se basó en cinco sucesivas convocatorias a la totalidad del gremio de soldadores, separadas entre sí aproximadamente por 4 meses, para que en el espacio de una semana se presentaran en el laboratorio a fin de proceder a la extracción de sangre.

El grupo se formó con todos los soldados voluntarios, que no presentasen ninguna causa extralaboral que nos hiciese suponer alterara los niveles de plumbemia. Dado el carácter voluntario junto a las demás razones laborales y extralaborales ya enumeradas, el total de trabajadores que se fué presentando en cada llamada, y que a su vez lo hubiera hecho en todas las anteriores, fué progresivamente decreciendo segun se detalla en los cuadros siguientes.

El grupo de soldados muestreados presentaron los datos característicos siguientes:

+ Tamaño de la población	n = 327
+ Edad	18 - 58 años
+ Antigüedad en la Empresa	2 - 35 años

Con las condiciones antes indicadas, el programa de extracciones de sangre se completó con los siguientes voluntarios:

+ Primera convocatoia	n = 327
+ Segunda       "	n = 269
+ Tercera       "	n = 163
+ Cuarta       "	n = 60
+ Quinta       "	n = 21

Los resultados de las determinaciones de plumbemia se reflejan en la tabla XIV-9, habiendo calculado los parámetros estadísticos para cada una de las convocatorias y para la totalidad de las determinaciones, puesto que al estar separadas las extracciones un mínimo de 4 meses, los valores de plumbemia se pueden considerar como datos totalmente independientes.



# SOLDADORES

PLUMBEMIAS  $\mu\text{g/dl}$  de sangre

CONVOCATORIA	POBLACION	INTERVALO	V.M	D E	C V %	L C S 99%
PRIMERA	327	7,2 - 55,7	17,5207	5,6197	32,07	34,38
SEGUNDA	269	8,3 - 47,6	17,2356	5,4382	31,61	33,58
TERCERA	163	7,6 - 40,9	18,1700	5,6937	31,33	35,25
CUARTA	60	10,2 - 39,5	19,6976	6,6578	33,80	39,67
QUINTA	21	10,0 - 34,2	19,1523	5,3504	27,93	35,20
TOTAL	840	7,2 - 55,7	17,7621	5,6379	31,85	34,73

Tabla XIV-9





#### XIV.9.3 DETERMINACIONES DE Zn-PP

En un primer momento, por razones contrarias a nuestra voluntad, no pudimos disponer del Hematofluorímetro para las determinaciones de Zn-PP, por lo que no pudimos seguir el mismo programa que en plumbemias. De cualquier forma, pensamos que el número de datos determinados es lo suficientemente grande como para poder considerarlo igualmente representativo de los valores correspondientes a este gremio de trabajadores.

Como resultado sólo se pudieron concretar dos convocatorias con los voluntarios siguientes:

+ Primera convocatoria	n = 316
+ Segunda           "	n = 161

Los resultados de las determinaciones analíticas para estos trabajadores se reflejan en la tabla XIV-10, habiéndose calculado igualmente los parámetros estadísticos para cada una de las convocatorias y para la totalidad de las determinaciones.

#### XIV.9.4 DISCUSION

Los resultados de las determinaciones biológicas para el grupo de soldadores nos confirman las suposiciones iniciales de que dichos trabajadores no están sometidos a riesgo higiénico, en cuanto a la toxicología del plomo se refiere.

Hemos encontrado una buena uniformidad de resultados, con un CV de 32,07 % para plumbemias y 33,30 % para Zn-PP, en la primera convocatoria.

A un LCS del 99%, sólo 4 individuos en el caso de plumbemias (1,22 %), y 5 en el de Zn-PP (1,58 %) superan ese valor, aún cuando sus niveles no constituyen peligro alguno para su salud.

# SOLDADORES

## DETERMINACIONES DE Zn-PROTOPORFIRINA

µg/g Hemoglobina

CONV.	PRIMERA		SEGUNDA		T O T A L E S	
POBLAC.	316	311	161	158	478	470
INTERV.	0,9 - 8,2	0,9 - 3,8	1,0 - 10,2	1,0 - 3,9	0,9-10,2	0,9 - 3,9
V.M	2,1452	2,0752	2,2838	2,1886	2,1897	2,1153
D E	0,7145	0,4272	0,8789	0,4581	0,7590	0,4440
C V	33,30	20,58	38,48	20,93	34,66	20,99
LCS 99%	4,2888	3,3568	4,9208	3,5631	4,4667	3,4474

µg/dl de sangre

POBLAC.	316	311	161	158	478	470
INTERV.	14,2-121,3	14,2-60,0	16,2-141,7	16,2-61,2	14,2-141,7	14,2-60,0
V.M	33,3808	32,3177	36,2394	35,0754	34,2738	33,1760
D E	11,3002	6,9654	13,5431	7,3861	12,1680	7,1760
C V %	33,85	21,55	37,64	21,05	35,50	21,63
LCS 99%	67,2814	53,2139	77,1687	57,2337	70,7778	54,2330
Hbm	15,49	15,50	15,82	15,84	15,57	15,61

µg/dl de hematies

POBLAC.	316	311	161	158	478	470
INTERV.	30,5-272,1	30,58-130,2	34,3-341,6	34,3-131,7	30,5-341,6	30,5-131,7
V.M	74,7132	72,3668	80,0094	77,2541	76,5371	74,0758
D E	23,1231	14,3261	28,9631	15,7426	24,9651	15,1569
C V %	30,94	19,79	36,19	20,37	32,59	20,46
LCS 99%	144,0823	115,3451	166,8987	124,4819	151,4524	119,5465
Hbm	44,70	44,69	45,03	45,06	44,72	44,72

Tabla XIV-10



#### XIV.10 TRABAJADORES EN LABORES DE PINTURA

##### XIV.10.1 DESCRIPCION

Según todos los indicios, el único grupo potencialmente expuesto a efectos del plomo ambiental dentro de nuestra Empresa, es el formado por las trabajadores que se dedican a labores de pintura, por los compuestos de plomo que pueden entrar a formar parte de ésta. Por ello hemos realizado un seguimiento especial a un grupo de pintores durante algo más de dos años, con la suficiente población como para poder considerarlo representativo de todos aquellos trabajadores que dentro de nuestra Empresa se dedican a estos trabajos.

El planteamiento para esta evaluación se basó en siete sucesivas convocatorias a la mayoría de pintores, separadas entre sí aproximadamente por 4 meses, para que en el espacio de una semana se presentaran en nuestro laboratorio a fin de proceder a la extracción de sangre. El grupo se formó pues, con los voluntarios que respondieron a cada llamada, que a su vez lo hubieran hecho a todas las anteriores, y no tuvieran alguna causa extralaboral que pudiera alterar sus niveles de plumbemia.

#### XIV.10.2 DETERMINACIONES DE PLUMBEMIA

Como ya hemos repetido en anteriores ocasiones, el carater voluntario de la participación, junto con las demás razones, hicieron que el número de personas muestreadas en cada convocatoria fuera progresivamente decreciendo, quedando el programa de la forma siguiente:

+ Primera convocatoria		n = 68
+ Segunda	"	n = 68
+ Tercera	"	n = 60
+ Cuarta	"	n = 46
+ Quinta	"	n = 25
+ Sexta	"	n = 9
+ Septima	"	n = 4

Los resultados de las determinaciones analíticas y parámetros estadísticos, para cada una de las convocatorias y la totalidad de las determinaciones, se reflejan en la tabla XIV-11.

Igualmente hemos creído oportuno presentar los resultados particulares de todos aquellos trabajadores a los que se les hubiera realizado más de tres determinaciones, junto con sus propios parámetros estadísticos, con el fin de evaluar la variabilidad de resultados a lo largo del tiempo. Estos datos se reflejan en las tablas XIV-12 y XIV-13.

# PINTORES

PLUMBEMIAS  $\mu\text{g/dl}$  de sangre

CONVOCATORIA	POBLACION	INTERVALO	V.M	D E	C V %	L C S 99%
PRIMERA	68	9,9 - 53,0	23,21	8,1653	35,19	47,70
SEGUNDA	68	10,7 - 51,2	24,08	9,1742	38,09	51,60
TERCERA	60	10,9 - 46,9	22,38	8,2675	36,93	36,93
CUARTA	46	11,6 - 52,7	26,08	10,9019	41,80	58,78
QUINTA	25	10,3 - 55,7	25,52	11,5979	45,44	60,32
SEXTA	9	15,8 - 46,8	25,43	10,8448	42,64	57,96
SEPTIMA	4	21,7 - 47,5	33,75	12,2642	36,34	70,54
TOTAL	280	9,9 - 53,0	24,14	9,4533	39,16	52,51

Tabla XIV-11





# PLUMBEMIAS

µg/ dl de sangre

Grupo de siete determinaciones

TRABAJADOR	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
MUESTRA 1	20,0	22,3	34,0	34,0
MUESTRA 2	23,1	19,0	22,4	18,0
MUESTRA 3	18,7	18,2	22,2	26,3
MUESTRA 4	12,9	12,8	35,1	22,0
MUESTRA 5	22,3	29,6	34,1	33,7
MUESTRA 6	15,8	17,0	26,7	17,7
MUESTRA 7	21,7	25,3	47,5	40,5
V M	19,2143	20,60	31,7143	27,4571
D E	3,7239	5,5991	8,8880	8,8285
C V %	19,33	27,18	28,02	32,15

Grupo de seis determinaciones

TRABAJADOR	Nº 5	Nº 6	Nº 7	Nº 8	Nº 9
MUESTRA 1	24,7	25,8	17,0	21,7	28,0
MUESTRA 2	26,4	26,0	16,3	20,3	20,1
MUESTRA 3	20,4	29,8	13,9	16,9	12,3
MUESTRA 4	13,7	36,1	20,0	14,2	22,4
MUESTRA 5	19,8	30,7	17,6	20,9	14,9
MUESTRA 6	17,4	46,8	31,5	19,5	36,5
V M	20,40	30,8660	19,38	18,92	22,3660
D E	4,6634	9,3280	6,2550	2,8371	8,8737
C V %	22,86	30,22	32,27	15,00	39,67

Tabla XIV-12



# PLUMBEMIAS

µg/ dl de sangre

## Grupo de cinco determinaciones

TRAB	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
M 1	22,0	14,0	26,4	21,0	26,0	17,6	24,0	32,7	16,1	24,8	53,0	17,0	23,0	17,0	31,0	16,0
M 2	25,0	14,8	23,3	14,1	18,2	15,1	25,6	29,0	21,4	20,0	68,0	14,1	23,4	20,2	27,6	18,0
M 3	28,5	23,1	29,5	27,0	14,7	14,1	17,4	40,2	14,7	14,0	40,0	19,1	39,0	13,2	22,1	15,0
M 4	23,8	16,4	45,4	21,6	26,8	28,5	18,9	39,6	18,3	27,0	52,7	26,3	44,5	19,5	34,4	13,3
M 5	17,9	16,4	55,7	25,0	24,7	21,4	21,2	40,0	17,3	16,0	57,2	15,1	25,5	24,0	26,8	10,3
V M	23,44	16,94	36,06	20,74	27,08	19,34	21,42	36,3	17,56	20,36	54,18	18,32	31,08	18,78	28,38	14,52
D E	3,90	3,60	13,89	4,02	5,33	5,84	3,42	5,14	2,53	5,55	10,06	4,85	9,97	4,00	4,62	2,90
C V	16,65	21,23	38,52	19,38	24,18	30,21	15,94	14,18	14,42	27,28	18,56	26,49	32,10	21,31	16,30	20,02

## Grupo de cuatro determinaciones

TRAB	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
M 1	20,0	36,0	24,0	13,0	26,8	26,5	12,0	27,0	21,0	23,0	38,5	10,9	23,8	15,0	13,4	10,2	31,0	16,0	23,4	30,0	10,0
M 2	10,7	26,7	19,4	21,7	51,2	25,7	24,8	23,3	16,1	15,6	37,0	29,7	22,4	17,3	34,0	21,0	26,0	42,6	26,2	54,3	23,8
M 3	16,2	35,6	21,4	18,1	24,7	23,4	16,3	38,7	20,3	20,8	27,8	22,1	20,3	12,0	13,9	13,8	34,5	11,2	29,1	21,3	13,9
M 4	27,2	29,8	25,5	15,8	52,5	28,3	28,1	25,8	16,3	26,1	44,3	19,8	30,5	11,6	14,8	20,1	20,2	13,2	30,5	26,1	46,8
V M	18,52	32,02	22,57	17,15	38,8	25,97	20,3	28,7	18,42	21,37	36,9	20,62	24,25	13,97	19,02	16,27	27,92	20,75	27,3	27,92	23,63
D E	6,93	4,542	2,71	3,68	15,10	2,03	7,44	6,84	2,58	4,42	6,83	7,74	4,41	2,68	10,00	5,16	6,22	14,69	3,15	5,54	16,56
C V	37,40	14,18	12,00	21,46	38,92	7,82	36,64	23,84	14,03	20,68	18,52	37,53	18,17	19,22	52,56	31,72	23,06	70,83	11,56	19,84	69,84



#### XIV.10.3 DETERMINACIONES DE Zn-PP

Como consecuencia de no disponer del Hematofluorímetro en un primer momento, también en este caso el programa de determinaciones de Zn-PP se vió alterado respecto al de plumbemias, quedando concretado de la forma siguiente:

+ Primera convocatoria		n = 58
+ Segunda	"	n = 44
+ Tercera	"	n = 11
+ Cuarta	"	n = 3

Los resultados de las determinaciones de Zn-PP para cada una de las llamadas en sus respectivas unidades se reflejan en la tabla XIV-14. Como en este caso la separación entre extracciones también fué un mínimo de 4 meses, hemos presentado la totalidad de terminaciones por considerarlas valores independientes.

Como resultados particulares de Zn-PP, únicamente hemos reflejado en la tabla XIV-15 los de los tres trabajadores a los que se realizaron más de tres determinaciones.



## ZINC - PROTOPORFIRINA

CONV.	TRAB.	PARAMETRO	$\mu\text{g/g Hb}$	$\mu\text{g/dl}$	$\mu\text{g/dl hem}$
1	n=58	V M D E C V ICS 99%	2,5758 0,6731 26,13 4,5952	40,0405 9,9183 24,77 69,7953	92,3922 24,4730 26,48 165,8114
2	n=44	V M D E C V LCS 99%	2,6864 0,6764 25,17 4,7155	41,7975 9,5984 22,96 70,5927	95,1661 22,4531 23,59 162,5256
3	n=11	V H D E C V LCS 99%	2,2636 0,5697 25,16 3,9727	35,7273 9,4900 26,56 64,1975	81,9145 20,0221 24,44 141,9810
4	n=3	V M D E C V LCS 99%	1,8866 0,3786 20,28 3,0024	29,72 5,9325 19,96 47,5176	65,4466 12,4941 19,09 102,9290
TOTAL	n=116	V M D E C V LCS 99%	2,5698 0,6734 26,20 4,5899	40,0310 9,8737 24,66 69,6601	91,7540 23,5567 25,67 163,4240

Tabla XIV-14





# ZINC - PROTOPORFIRINA

Grupo de cuatro determinaciones

TRAB.	MUESTRA	$\mu\text{g/g.Hb}$	Hb	$\mu\text{g/dl}$	Hto.	$\mu\text{g/dl hem}$
n = 1	M - 1	1,6	15,3	24,48	42,0	58,28
	M - 2	2,3	15,0	34,50	43,5	79,31
	M - 3	1,8	15,5	27,90	43,4	64,28
	M - 4	1,7	15,5	26,35	45,8	57,53
	V M	1,85	15,33	28,30	43,67	64,85
	D E	0,3109		4,3586		10,1022
	C V	16,80		15,39		15,57
n = 2	M - 1	2,4	16,5	39,60	47,0	84,25
	M - 2	3,4	16,5	56,10	45,7	122,76
	M - 3	2,2	16,5	36,30	44,3	81,94
	M - 4	2,3	15,9	36,57	45,8	79,85
	V M	2,575	16,35	42,14	45,70	92,20
	D E	0,4460		9,4245		20,4524
	C V	21,59		22,36		22,18
n = 3	M - 1	1,7	15,8	26,86	45,4	59,16
	M - 2	2,6	15,9	41,34	44,3	93,32
	M - 3	2,7	15,3	41,31	42,8	96,52
	M - 4	1,6	16,4	26,24	44,5	58,96
	V M	2,15	15,85	33,94	44,25	76,99
	D E	0,5802		8,5341		20,7451
	C V	26,98		25,14		26,94

Tabla XIV-15



#### XIV.10.4 DISCUSION

##### XIV.10.4.1 Plumbemias

Tal como habíamos supuesto por las condiciones laborales en las que realizan su trabajo, las medidas higiénicas industriales, la protección personal y las determinaciones ambientales, los niveles de plumbemia nos indican la NO EXISTENCIA DE RIESGO de contaminación por plomo; ni siquiera aplicando el LCS del 99% de protección, que en el caso más desfavorable se presentó en la cuarta convocatoria con un valor de 58,78  $\mu\text{g/dl}$  de sangre, para un valor medio de 26,07  $\mu\text{g/dl}$ .

Considerando la totalidad de las determinaciones como resultados independientes, para una población de 280 trabajadores, el valor medio de plumbemia es 24,14  $\mu\text{g/dl}$ , con un LCS del 99% de 52,51  $\mu\text{g/dl}$  y un intervalo de 9,9 - 55,5  $\mu\text{g/dl}$ .

Los resultados también confirmaron la variabilidad tanto para un mismo trabajador a lo largo de todas las determinaciones, como entre los distintos resultados de una misma convocatoria, motivada quizás por la gran discontinuidad de su actividad laboral, según ya indicamos. Esta variabilidad, evaluada por el coeficiente de variación (CV) ha fluctuado entre 7,88% para el trabajador más regular (nº 31), y 70,83% para el más

variable (n° 43), siendo la media de todos ellos CVM 26,16 %. Dentro de una misma convocatoria, el CV tuvo un intervalo de 35,19% para la primera (n = 68) y 45,44% para la quinta (n = 25), siendo el CV de la totalidad de resultados 39,16% (n = 280).

#### XIV.10.4.2 Zn-PP

Los resultados de Zn-PP indican la NO EXISTENCIA DE RIESGO de contaminación por plomo, ni siquiera para el LCS del 99%, que en el caso más desfavorable se presentó en la segunda convocatoria, con un valor de 4,71 µg/g Hb para una media de 2,68 µg/g Hb. Refiriéndonos a todas las determinaciones (n = 116), el valor medio fué de 2,57 µg/g Hb y el LCS del 99% 4,59 µg/g Hb.

El valor medio está en perfecta consonancia con el que correspondería para una plumbemia de 24,14 µg/dl, valor medio de todas las determinaciones, según la ecuación de correlación lineal calculada en el apartado correspondiente de este capítulo.

Al ser la Zn-PP un parámetro mucho más estable que la plumbemia, hemos encontrado unos CV estadísticamente inferiores a los de ésta, fluctuando entre 20,28% para la cuarta convocatoria (n = 3) y 26,13% para la primera (n = 58). Para la totalidad de las determinaciones (n = 116), el CV es de 26,20% frente al 39,16% para plumbemias.

#### XIV.11 RELACION PLUMBEMIA - Zn-PROTOPORFIRINA

##### XIV.11.1 ANTECEDENTES

Por todas las anteriores valoraciones, quisiéramos unirnos a los autores que apuestan por la utilización en Medicina Preventiva Laboral de las determinaciones de Zn-PP como indicador de los efectos toxicológicos futuros del plomo.(67)

La utilidad y buenos resultados de la hematofluorimetría como técnica analítica para la cuantificación de la Zn-PP en sangre, ya fueron demostrados por Piomelli (1973), Lamola y Yamane (1974) y posteriormente perfeccionados y desarrollados por otros autores. Como suele ocurrir en los inicios de la cuantificación de cualquier parámetro, no hubo mucha uniformidad a la hora de definir las unidades y la matriz a la que referir dichas unidades. Este cierto confusionismo tiene mayor magnitud cuando se trataba de definir los valores normales referencia y el valor límite biológico permitido.(68) (69)

##### XIV.11.2 DEPENDENCIA ENTRE PLUMBEMIA Y Zn-PP

Con la siguiente argumentación pretendemos contribuir a la definición y precisión de las antedichas unidades y niveles biológicos, estableciendo la posible

relación entre los niveles de plumbemia y los correspondientes de Zn-PP. Por las propias características físico-químicas de estabilidad y permanencia de la Zn-PP en el organismo, para deducir la relación hemos elegido una serie de personas analizadas, que al menos durante los seis meses anteriores a la extracción de sangre habían estado sometidos de una manera uniforme a atmósferas de plomo similares en todas sus jornadas laborales.

Hemos calculado la relación Pb-S - Zn-PP en aquellas unidades más frecuentemente utilizadas, por medio del análisis de regresión estadístico del ajuste de una recta por mínimos cuadrados, para muestra bidireccional de Gauss y el coeficiente de correlación lineal de Pearson. En un primer apartado hemos relacionado los valores de plumbemia frente a los de Zn-PP en sus distintas unidades y en una segunda parte frente a los logaritmos decimales en esas mismas unidades.

La población elegida para esta valoración se formó con 50 trabajadores, que presentaron un intervalo de plumbemias de 10,4 a 97,4  $\mu\text{g/dl}$ , y para Zn-PP de 1,3 a 40,4  $\mu\text{g/g Hb}$ , ó de 21,06 a 610,04  $\mu\text{g/dl}$  de sangre. La totalidad de los valores para cada uno de ellos se reflejan en la tabla XIV-16.

# TABLA DE VALORES

Nº	Pb - S µg/dl	Zn - PP µg/g.Hb	Hb g./dl	Zn - PP µg/dl
1	97,4	19,7	13,7	269,89
2	49,8	3,9	15,5	60,45
3	57,4	4,5	15,5	69,75
4	32,7	2,8	16,3	45,64
5	47,1	2,9	16,6	48,14
6	49,9	11,2	15,5	168,0
7	72,6	5,5	16,6	88,0
8	55,5	5,7	13,9	79,23
9	87,7	40,4	15,1	610,04
10	45,6	2,9	15,9	46,11
11	63,4	10,3	15,8	162,74
12	70,4	12,9	16,1	207,69
13	73,3	10,5	15,3	160,65
14	26,0	3,0	14,5	43,5
15	29,0	2,3	15,1	31,71
16	20,6	2,2	16,0	35,2
17	31,1	3,3	15,5	51,15
18	19,9	2,5	16,5	41,25
19	18,5	2,4	16,0	38,4
20	18,3	2,9	16,3	47,27
21	27,3	2,9	16,1	46,69
22	21,7	2,8	17,0	47,60
23	31,1	2,2	15,0	33,00
24	10,4	1,9	14,6	27,14
25	11,7	2,7	14,5	39,15
26	14,2	2,2	15,4	33,88
27	26,7	2,4	14,7	35,28
28	13,2	1,9	15,3	28,5
29	78,8	10,0	16,2	162,0
30	15,2	2,2	15,7	34,54
31	14,1	2,3	16,1	37,03
32	24,5	2,6	17,6	45,76
33	25,0	2,4	15,6	37,24
34	38,0	5,0	14,1	70,5
35	19,8	2,3	14,9	34,27
36	22,8	1,6	15,3	24,48
37	26,7	2,4	14,7	35,28
38	25,2	2,7	15,7	42,39
39	19,4	1,7	14,0	23,8
40	17,1	1,5	17,1	25,65
41	18,3	1,3	16,2	21,06
42	30,3	2,4	16,1	38,64
43	28,3	1,9	17,0	32,3
44	21,4	2,6	16,8	43,68
45	35,5	2,5	16,2	40,5
46	16,1	2,3	15,7	36,11
47	14,1	2,5	13,8	34,50
48	20,8	1,8	16,0	28,8
49	27,6	2,1	13,9	29,19
50	22,7	2,1	15,8	33,18





#### XIV.11.3 RESULTADOS

##### XIV.11.3.1 R - IA. Relación Pb-S - Zn-PP µg/g Hb

Hemos calculado los parámetros estadísticos de correlación entre plumbemias y Zn-PP con los datos característicos siguientes:

+ Tamaño de la población	n = 50
+ Valores de plumbemia	V M = 33,64 µg/dl
	D E = 21,4203
	Intervalo 10,4-97,4 µg/dl
+ Valores de Zn-PP	V M = 4,58 µg/g Hb
	D E = 6,2604
	Intervalo 1,3-40,4 µg/g Hb

#### RECTA DE REGRESION

Ecuación:  $Zn-PP = 0,2197 Pb-S - 2,8097$

#### COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL DE PEARSON

$$\bar{O} = 0,7517$$

#### ERROR DE ESTIMA DE LAS YES POR LAS EQUIS

$$Syx = 4,1675$$

$$3,5 Syx = 14,5863$$

El punto más alejado de la recta es (87,7-40,4) y según la ecuación anterior, para Pb-S de 87,7, le corresponde 16,4580 de Zn-PP.

Como la diferencia entre el valor real y el calculado ( $40,4 - 16,4580 = 23,9420$ ) es superior a 3,5 Syx, dicho punto debe ser rechazado.

#### XIV.11.3.2 R - IB. Relación Pb-S - Zn-PP $\mu\text{g/g Hb}$

Una vez eliminado el punto más alejado, recalculamos los parámetros estadísticos para una población con los datos característicos siguientes:

+ Tamaño de la población	$n = 49$
+ Valores de plumbemia	$V M = 32,53 \mu\text{g/dl}$
	$D E = 20,1556$
	Intervalo $10,4-97,4 \mu\text{dl}$
+ Valores de Zn-PP	$V M = 3,84 \mu\text{g/g Hb}$
	$D E = 3,5684$
	Intervalo $1,3-19,7 \mu\text{g/g Hb}$

#### RECTA DE REGRESION

Ecuacion  $\text{Zn-PP} = 0,1519 \text{ Pb-S} - 1,0948$

#### COEFICIENTE DE CORRELACION

$\bar{O} = 0,8584$

#### ERROR DE ESTIMA

$S_{yx} = 1,8611$   
 $3,5 S_{yx} = 6,5138$

El punto más alejado de la nueva recta es (97,4-19,7) y según la ecuación anterior, para un Pb-S de 97,4, le corresponde uno de 13,70 de Zn-PP.

Como la diferencia entre el valor real y el calculado ( $19,7 - 13,70 = 6,00$ ) es menor que  $3,5 S_{yx}$ , no es necesario rechazar ningún punto, admitiendo la ecuación como correlación entre ambos parámetros.

#### XIV.11.3.3 R-IIA. Relación Pb-S - Zn-PP ug/dl de sangre

Hemos calculado los parámetros estadísticos de correlación entre plumbemia y Zn-PP, con los datos característicos siguientes:

- + Tamano de la muestra  $n = 50$
- + Valores de plumbemia, los mismos que en R-IA
- + Valores de Zn-PP  $V M = 70,15 \text{ ug/dl}$

$$D E = 93,6718$$

$$\text{Intervalo } 21,06-610,04 \text{ ug/dl}$$

#### RECTA DE REGRESION

$$\text{Ecuación } Zn-PP = 3,2872 \text{ Pb-S} - 40,4071$$

La representación gráfica de los 50 puntos y de la recta de regresión se reflejan en la figura XIV-2.

#### COEFICIENTE DE CORRELACION

$$\bar{O} = 0,7517$$

#### ERROR DE ESTIMA

$$Syx = 62,4180$$

$$3,5 Syx = 218,4630$$

El punto más alejado de la recta es (87,7-610,04) y según la ecuación anterior, para un Pb-S de 87,7, le corresponde uno de 247,88 de Zn-PP.

Como la diferencia entre el valor real y el calculado ( $610,04 - 247,88 = 362,16$ ) es superior a  $3,5 Syx$ , dicho punto debe ser rechazado.

#### XIV.11.3.4 R-IIB. Relacion Pb-S - Zn-PP ug/dl de sangre

Una vez eliminado el punto más alejado, recalculamos los parámetros estadísticos para una población con los datos característicos siguientes:

- + Tamaño de la población  $n = 49$
- + Valores de plumbemia los mismos que en R-IB
- + Valores de Zn-PP  $V M = 59,13 \mu\text{g/dl}$   
 $D E = 52,5440$   
Intervalo 21,06-269,89  $\mu\text{g/dl}$

#### RECTA DE REGRESION

$$\text{Ecuación } \text{Zn-PP} = 2,2626 \text{ Pb-S} - 14,4667$$

La representación gráfica de los 49 puntos y de la recta de regresión se reflejan en la figura XIV-2.

#### COEFICIENTE DE CORRELACION

$$\bar{O} = 0,8679$$

#### ERROR DE ESTIMA

$$S_{yx} = 27,5905$$

$$3,5 S_{yx} = 96,5667$$

El punto más alejado de la recta es (49,9-168,0) y según la ecuación anterior, para un Pb-S de 49,9 le corresponde uno de 98,43.

Como la diferencia entre el valor real y el calculado ( $168,0 - 98,43 = 69,57$ ) es menor que  $3,5 S_{yx}$ , no es necesario rechazar ningun punto, debiéndose aceptar la ecuación como la correlación entre ambos parámetros.

# RELACION PLUMBEMIA - Zn PROTOPORFIRINA

## *Recta de Regresión*

Valores Absolutos

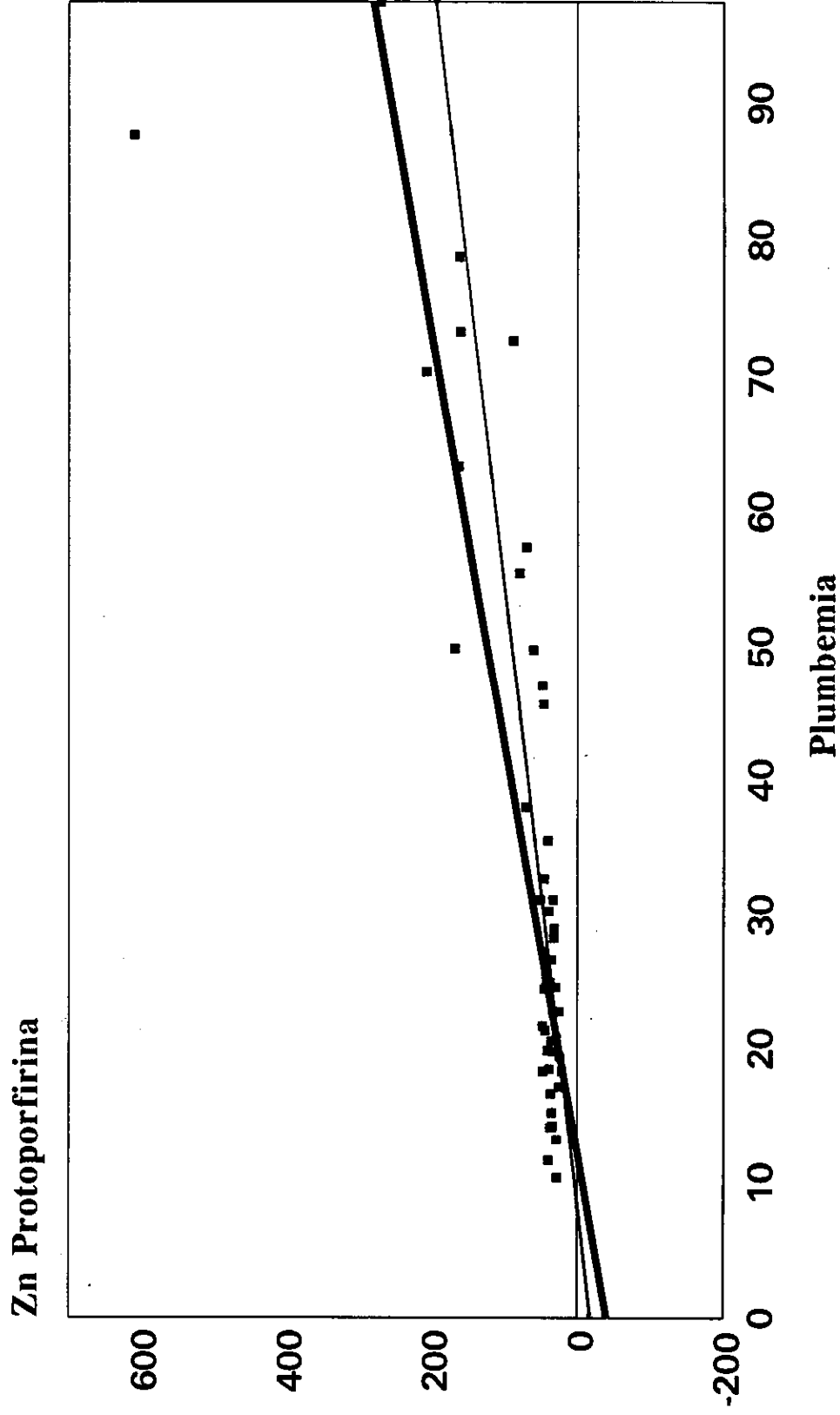


Figura XIV-2



#### XIV.11.3.5 R-III. Relación Pb-S - Log Zn-PP ug/g Hb

Hemos calculado los parámetros estadísticos de correlación entre plumbemia y Zn-PP con los datos característicos siguientes:

- + Tamaño de la población  $n = 50$
- + Valores de plumbemia los mismos que en R-IA
- + Valores de Log Zn-PP  $V M = 0,5067$   
 $D S = 0,3032$   
Intervalo  $0,1139-1,6064$

#### RECTA DE REGRESION

$$\text{Ecuación} \quad \text{Log Zn-PP} = 0,01271 \text{ Pb-S} + 0,07907$$

#### COEFICIENTE DE CORRELACION

$$r = 0,8982$$

#### ERROR DE ESTIMA

$$S_{yx} = 0,1351$$

$$3,5 S_{yx} = 0,4729$$

El punto más alejado de la recta es (87,7-1,6064) y según la ecuación anterior, para un Pb-S de 87,7 le corresponde un Log Zn-PP 1,1942.

Como la diferencia entre el valor real y el calculado ( $1,6064 - 1,1942 = 0,4122$ ) es inferior a  $3,5 S_{yx}$ , no es necesario rechazar ningún punto, debiendo aceptar la ecuación como la correlación entre ambos parámetros.



#### XIV.11.3.6 R-IV Relación Pb-S - Log Zn-PP ug/dl de sangre

Hemos calculado los parámetros estadísticos de correlación entre plumbemia y Zn-PP con los datos característicos siguientes:

- + Tamaño de la población  $n = 50$
- + Valores de plumbemia los mismos que en R-IA
- + Valores de Log Zn-PP  $V M = 1,6968$   
 $D E = 0,2999$   
Intervalo  $1,3234-2,7854$

#### RECTA DE REGRESION

Ecuación  $\text{Log Zn-PP} = 0,01258 \text{ Pb-S} + 1,2735$

La representación gráfica de los 50 puntos y de la recta de regresión se refleja en la figura XIV-3.

#### COEFICIENTE DE CORRELACION

$$\bar{O} = 0,8989$$

#### ERROR DE ESTIMA

$$S_{yx} = 0,1341$$

$$3,5 S_{yx} = 0,4695$$

El punto más alejado de la recta es (87,7-2,7854) y según la ecuación anterior para un Pb-S de 87,7 le corresponde un Log Zn-PP de 3,3774.

Como la diferencia entre el valor real y el calculado ( $2,7854 - 2,3774 = 0,4080$ ) es inferior a 3,5  $S_{yx}$ , no es necesario rechazar ningún punto, debiéndose aceptar la ecuación como la correlación entre ambos parámetros.

# RELACION PLUMBEMIA - Zn PROTOPORFIRINA

## *Recta de Regresión*

Logaritmo de Y

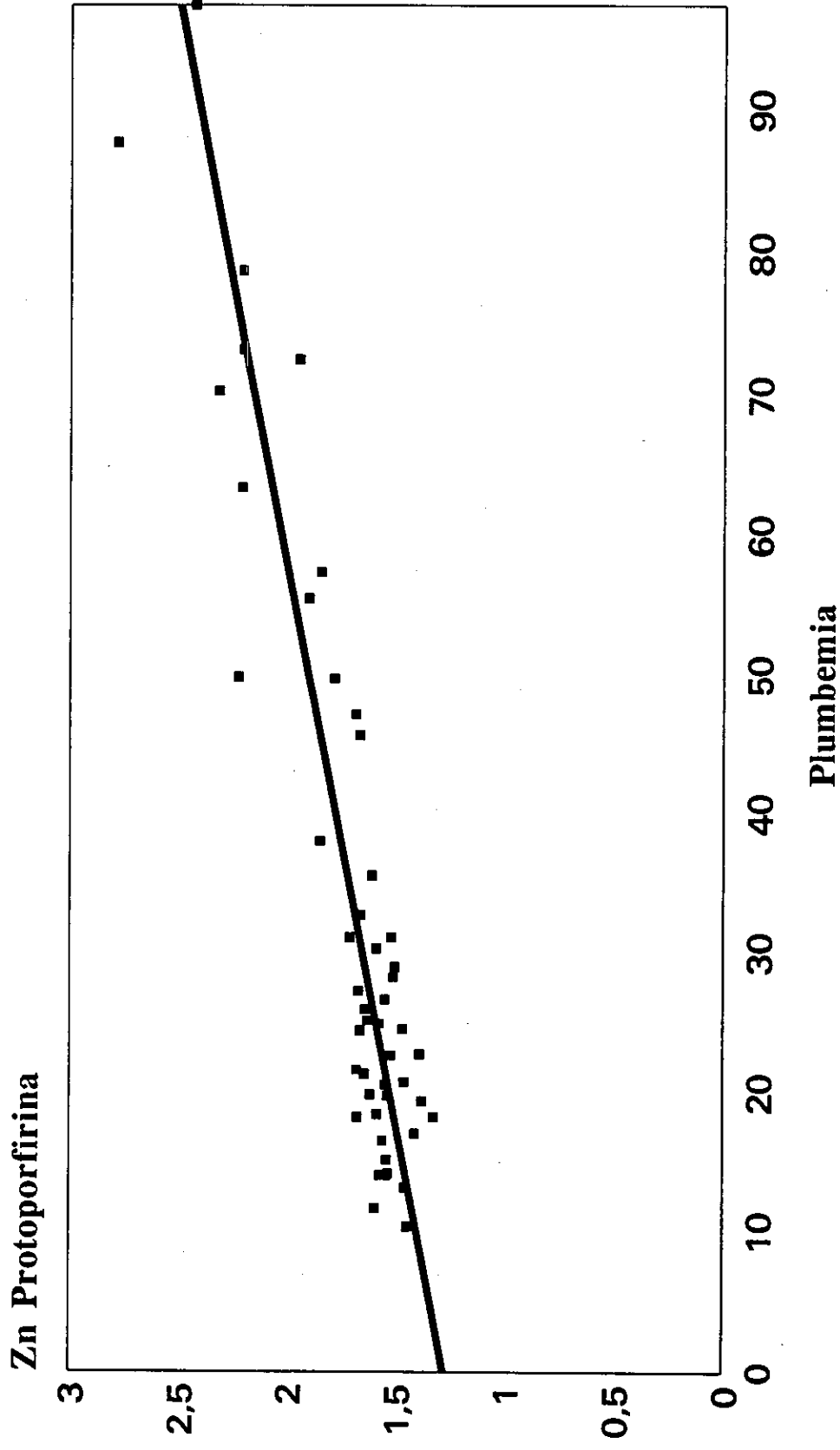


Figura XIV.3



#### XIV.11.4 DISCUSION

Al margen de la significación de cada uno de los parámetros estadísticos determinados en apartados anteriores, nos ha parecido interesante para proporcionar una visión comparativa, calcular los niveles de Zn-PP que corresponderían a las plumbemias más significativas, según cada una de las ecuaciones anteriormente encontradas.

Todos estos niveles de Zn-PP correlativos a plumbemias de 20, 40, 70 y 80  $\mu\text{g/dl}$  para las distintas ecuaciones, se presentan en la tabla XIV-17. Igualmente por ser un valor característico de la legislación, hemos indicado los valores de plumbemia que según cada ecuación deberían corresponder a un nivel de Zn-PP de 20  $\mu\text{g/g Hb}$ , considerando en su caso una hemoglobina media de 15,55  $\text{g/dl}$ .

Según los coeficientes de correlación lineal de Pearson calculados anteriormente, podemos deducir la existencia de una bastante buena correlación entre concentraciones de plomo y los logaritmos decimales de las de Zn-PP en sangre, para aquellas personas habitualmente expuestas a contaminación laboral por dicho metal.

Por lo tanto, cualquiera de las expresiones calculadas para la ecuación de regresión de plumbemias y Log de Zn-PP, podemos aceptarla como representativa de la relación entre ambas magnitudes.

$$\mu\text{g/g Hb} \quad \text{Log Zn-PP} = 0,01275 \text{ Pb-S} + 0,07907$$

$$\mu\text{g/dl} \quad \text{Log Zn-PP} = 0,01258 \text{ Pb-S} + 1,27251$$

Los valores obtenidos para las plumbemias reflejadas en la tabla XIV-17, están en perfecta consonancia con la mayor parte de las determinaciones realizadas en el presente estudio.

En el caso de la relación entre plumbemias y Zn-PP, no hemos obtenido resultados tan satisfactorios, con un coeficiente de correlación sensiblemente inferior que ha hecho necesario en los dos casos rechazar uno de los puntos incluidos.

## VALORES DE Zn - PP

Pb - S $\mu\text{g/dl}$	20	40	70	80	Zn - PP 20 $\mu\text{g/gHb}$
Zn-PP $\mu\text{g/g.Hb}$ n = 50	1,58	5,98	12,57	14,77	103,82
Zn-PP $\mu\text{g/g.Hb}$ n = 49	1,94	4,98	9,54	11,06	138,81
Zn-PP $\mu\text{g/dl}$ n = 50	1,63	5,86	12,20	14,31	106,90
Zn-PP $\mu\text{g/dl}$ n = 49	1,98	4,89	9,26	10,71	143,85
Log Zn-PP $\mu\text{g/g.Hb}$ n = 50	2,15	3,87	9,32	12,48	96,10
Log Zn-PP $\mu\text{g/dl}$ n = 50	2,16	3,85	9,18	12,27	96,87

Tabla XIV-17



**CAPITULO XV**

**CONCLUSIONES**





## XV CONCLUSIONES

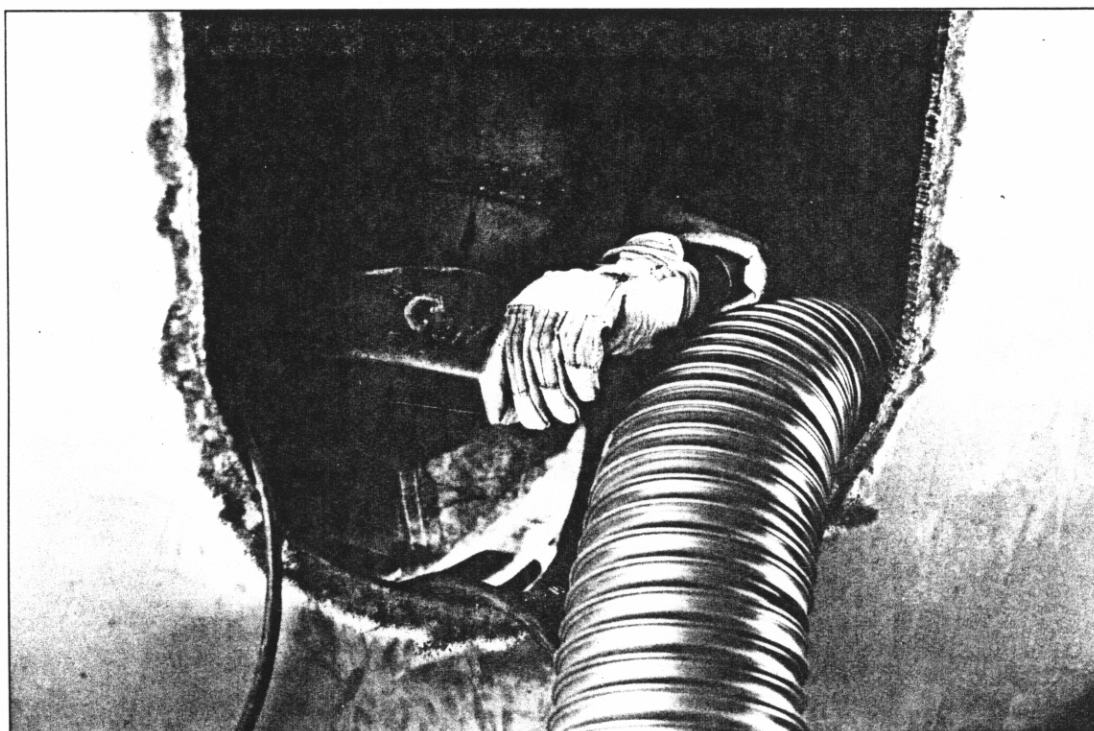
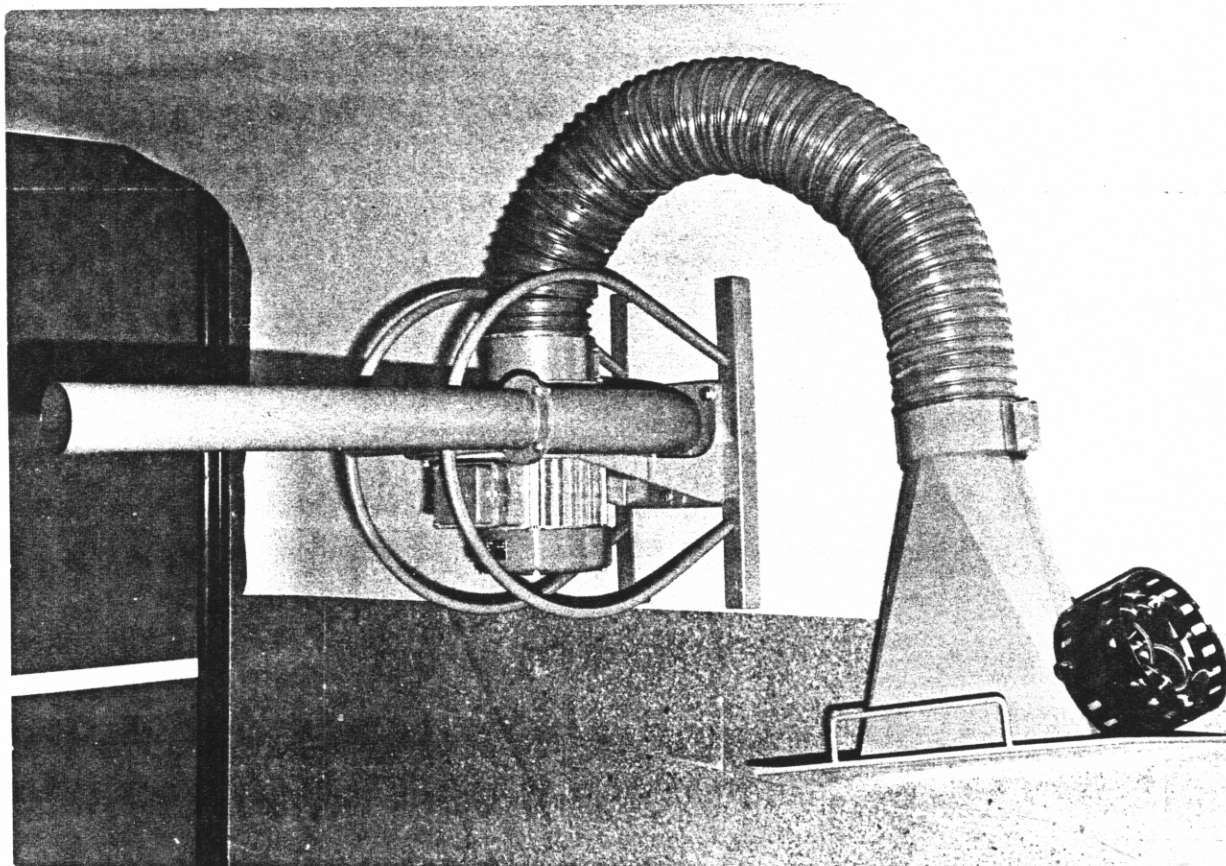
\* Cuando a lo largo de más de dos años se ha realizado un seguimiento de la contaminación ambiental y el efecto toxicológico, en un escenario tan importante como una gran empresa de unos cinco mil productores, ampliándose incluso a otros grupos con posibles riesgos, y al final se sacan unas conclusiones respecto a esos niveles ambientales e índices biológicos, "casi negativas", es obvio que para todo ese colectivo de personas afectadas esa será la mejor conclusión que se podría deducir.

\* Incluso aunque todo nuestro trabajo únicamente hubiera servido para que el pequeño grupo de trabajadores de la fábrica de PVC que más tarde comentaremos, haya podido mejorar sus condiciones de trabajo, que posiblemente en el futuro les hubieran ocasionado consecuencias irreversibles, estamos convencidos de su plena justificación, independientemente de la finalidad con que en un principio se planteó. Más aún, si pesamos que a través de ciertos estamentos de Salud Laboral hemos colaborado en la minimización de ese posible riesgo en otras empresas del ámbito estatal con actividades industriales similares a la descrita.

\* Aceptando que cada vez se deban utilizar más aquellas nuevas tecnologías no contaminantes, de momento los técnicos y personal sanitario de Salud Laboral deben orientar sus esfuerzos a disminuir lo más posible las concentraciones de tóxicos en los lugares de trabajo, mediante el adecuado estudio de EXTRACCION LOCALIZADA Y VENTILACION FORZADA, y al tóxico que aún quede presente ponerle la mayor barrera de penetración por medio de la PROTECCION PERSONAL reglamentaria, de forma que la cantidad que penetre en el organismo sea la menor posible.

\* La evaluación del EFECTO TOXICO ha de hacerse lo más rápidamente posible, y si fuere necesario, la aplicación de medidas higiénicas y preventivas que eviten a toda costa la aparición de cualquier consecuencia con carácter irreversible.

\* A pesar de que de una manera progresiva se van incrementando en todos los países las medidas legislativas sobre protección de la salud del trabajador, hoy en día es imprescindible el seguir ayudándose de Organizaciones oficiales y privadas, como la citada ACGIH, que con sus programas de investigación, colaboraciones de expertos, recogidas de datos a nivel mundial, etc, etc, van marcando las pautas que luego en muchos casos siguen los poderes legislativos de los diferentes Estados. Así pues, refiriéndonos a la ACGIH, todavía sus "Valores Límite Umbrales" (TLVs) y sus "Indices de Exposición Biológica"



F-7 EXTRACCIÓN LOCALIZADA



(BEIs) tienen prestigio y reconocimiento universal, y son mayoritariamente seguidos por los responsables de la Salud Laboral de casi todo el mundo. Quizás por ello esta Sociedad es tremendamente cauta a la hora de incorporar nuevos tóxicos a su lista de TLVs, y mucho más para incluir nuevos valores en su corta pero importante lista de BEIs.

\* En otros tiempos, en empresas con actividad similar a la nuestra la asbestosis fué una de las enfermedades profesionales más extendidas. Sin embargo, hoy día con los nuevos materiales utilizados prácticamente está desechada, y los únicos casos que pueden aparecer son secuelas de la actividad desarrollada en años anteriores. Así pues, en estos momentos las fuentes más frecuentes de posible intoxicación industrial para nuestros trabajadores, según todas las determinaciones por nosotros realizadas, son las debidas a los humos y polvos metálicos originados durante los procesos de SOLDADURA Y MECANIZADO.

\* Con relación a las intoxicaciones por productos metálicos, la Medicina Preventiva cuenta con la ventaja del carácter crónico con que el organismo suele responder a sus ataques, de forma que con unos buenos sistemas de "detección" se deben solucionar las anomalías presentadas antes de que aparezca cualquier efecto patológico irreversible.

\* Ya hemos hecho constar en el capítulo correspondiente de "características de la Empresa y condiciones del estudio", la dificultad de extrapolar los resultados aquí obtenidos a otros ambientes distintos al nuestro, aún cuando tengan procesos industriales parecidos.

\* Los resultados de determinaciones ambientales se garantizan mediante nuestra participación en el programa de Control de Calidad PICC-Met del INSHT. Nuestra intención hubiera sido extenderlo a todos los metales analizados, pero en las fechas de realización del trabajo, sólo era posible determinar PLOMO Y CROMO en filtros de celulosa.

\* Los resultados de nuestra participación en dicho programa PICC-Met, nos han dado una muy buena correlación con los considerados teóricamente exactos.

PLOMO:	+ Coeficiente de correlacion	$\bar{O} = 0,9732$
	+ Ecuación	$y = mx + b$
	+ Error proporcional	$m = 0,9157$
	+ Error constante	$b = 2,7403$
	+ Error de estima	$Syx = 3,9274$

CROMO:	+ Coeficiente de correlación	$\bar{O} = 0,9753$
	+ Ecuación	$y = mx + b$
	+ Error proporcional	$m = 1,0028$
	+ Error constante	$b = 0,4286$
	+ Error de estima	$Syx = 2,7056$

\* Contaminantes por soldadura.- Después de un recorrido por casi todas las zonas de la Empresa en las que se practicaban los distintos tipos de soldadura, únicamente en las zonas en que LA EXTRACCIÓN LOCALIZADA Y/O LA VENTILACION FORZADA NO FUNCIONABAN, o lo hacían inadecuadamente, hemos encontrado niveles de contaminación próximos e incluso alguno superiores, a los Límites Máximos Permitidos, que en todo momento hemos considerado los correspondientes TLVs de la ACGIH. De cualquier forma, al ser valores puntuales deberíamos referirlos a los valores medios ponderados en el tiempo para ese mismo punto o los valores medios de los diversos puntos de ese local. En estos casos los niveles obtenidos han sido sensiblemente inferiores a algunos puntuales, aún cuando a veces sigan estando por encima de CMP en los casos de MANGANESO, HIERRO Y CROMO fundamentalmente.

\* Como atenuante de los posibles riesgos toxicológicos evaluados, hemos de reseñar nuevamente que los tiempos de exposición en que hemos basado los cálculos, siempre lo han sido para el caso más desfavorable, pero frecuentemente el tiempo real en que están bajo los efectos del tóxico es inferior a ese teórico supuesto.

\* En la evaluación de corte y soldadura OXIACETILENICA, sólo en los casos de utilización conjunta de dos sopletes hemos determinado niveles de NO<sub>2</sub> superiores a la CMP, llegando incluso a 425% de DMP, muy superior al que se obtendría por la adición de las contaminaciones



producidas por cada uno de los sopletes por separado. Ello se explicaría por la alta temperatura alcanzada en el medio de la llama común, superior a la de uno sólo; por las impurezas de nitrógeno presentes en la corriente de oxígeno y por el hecho de que al usar dos sopletes es más fácil que uno o ambos quemen en vacío (sin soldar), produciendo en esta situación una mayor contaminación que cuando realizan su función.

\* El mismo efecto multiplicador por el uso conjunto se observó en las determinaciones de CO<sub>2</sub>, si bien en este caso sólo se llegó a alcanzar 20% de DMP.

\* Las mayores concentraciones ambientales de componentes metálicos se encontraron en las muestras de polvos totales, tomadas durante las labores de ESMERILADO y AMOLADO, que frecuentemente se realizan después de las de soldadura. En el primer caso se determinaron niveles de COBRE METALICO del orden de 307% y 236% de DMP para esas dos faenas, mientras que para la soldadura en esos mismos locales, se determinaron concentraciones de 82,50% y 11,25% de DMP respectivamente.

\* Haciendo una evaluación de los resultados de las determinaciones ambientales durante la SOLDADURA MAG, confirmamos la ya recalcada importancia de la EXTRACCION LOCALIZADA Y VENTILACION ASISTIDA a la hora de proteger la salud de los trabajadores. Tanto las concentraciones ambientales de gases, como de óxidos metálicos, por el

hecho de utilizar adecuadamente dichas medidas, se vieron disminuidas en proporciones que oscilaron entre 2 y 10 veces los niveles iniciales. En la prueba realizada por nosotros, el óxido de HIERRO disminuyó entre 3,5 y 7,9 veces su concentración inicial; el óxido de MANGANESO lo hizo entre 3,0 y 8,9 veces; el óxido de CINC 6,6 veces y el óxido de COBRE 5,5 veces.

\* De hecho, durante todas las labores de soldadura, sólo en los casos en que las anteriores medidas o no funcionaban, o lo hacían deficientemente, se han obtenido niveles de contaminación superiores a las DMP. Así ocurrió para los óxidos de MANGANESO, que alcanzará entre 103% y 310% de DMP y de HIERRO, con 200% de DMP. Una vez que las medidas higiénicas se pusieron a funcionar adecuadamente, en esos mismos lugares se determinaron concentraciones de 50% y 90% de DMP respectivamente.

\* Dada la trascendencia del tema, repetimos la experiencia para las labores de SOLDADURA CON ELECTRODO REVESTIDO. En el primer caso, sin medidas de ayuda higiénica, se determinaron niveles de 163%, 127% y 489% de DMP, para los óxidos de MANGANESO, HIERRO Y CROMO. En esos mismos lugares, y una vez puestas las medidas en funcionamiento, se midieron concentraciones de 98%, 48% y 145% de DMP, para los antedichos óxidos metálicos respectivamente.

\* Durante todos los procesos de SOLDADURA, incluidos los que se realizaron sobre materiales impregnados con pinturas de protección epoxi, no se ha detectado NINGUN RIESGO de intoxicación por PLOMO .

\* Cuando la cantidad de material arrastrado es grande como en los procesos mecánicos, se llegan a medir niveles de metales próximos a la DMP, pero nos atrevemos a afirmar que dado el tamaño de las partículas, junto a unas buenas medidas de protección personal, la cantidad que realmente llega a las vías respiratorias del trabajador es sensiblemente inferior a la determinada en el ambiente.

\* Con los resultados obtenidos se pueden determinar la proporciones en las que se forman los distintos tóxicos ambientales. Así, durante los procesos de mecanizado de ACEROS AL CARBONO, se han medido niveles que nos han dado para el HIERRO Y MANGANESO unas proporciones entre 60:1 y 70:1, muy cercanas a la proporción real en la que estos dos metales entran a formar parte del citado acero al carbono. Cuando este mismo material es sometido a cualquier tipo de soldadura, la temperatura de fusión de cada uno de sus componentes va a ser fundamental a la hora de formar el correspondiente óxido volátil contaminante. De hecho, las proporciones de los óxidos de los anteriores metales encontrados por las determinaciones durante las labores de soldadura, se han encontrado entre 2:1 y 9:1, lejos de la proporción real de composición del material.

\* Para las determinaciones de tóxicos en ORINA preferimos expresar los resultados en  $\mu\text{g}$  por gramo de creatinina, en vez de hacerlo por unidad de capacidad.

\* La técnica analítica elegida para todas las determinaciones de metales en fluidos biológicos ha sido la Espectrofotometría de Absorción Atómica con Cámara de Grafito.

\* De las determinaciones de ALUMINIO en suero, podemos deducir que no se ha encontrado NINGUN RIESGO toxicológico de este metal para aquellos trabajadores relacionados con procesos de soldadura sobre dicho metal.

\* Las determinaciones de MANGANESO EN ORINA de los trabajadores potencialmente expuestos, han sido estadísticamente superiores a las de las personas no expuestas (P 05). De cualquier forma, estos valores no implican NINGUN RIESGO toxicológico por este metal para ninguno de los colectivos analizados, según todos los valores referencia consultados, por lo que podríamos decir que esa diferencia no tiene ningún valor toxicológico. En el caso más desfavorable, se han determinado valores medios de  $1,00 \mu\text{g/g}$  creatinina, con un LCS del 99% de  $2,45 \mu\text{g/g}$  creatinina, lejos de los niveles que puedan causar cualquier patología clínica.

\* Como ya se preveía en la Directiva Marco de la CEE, el Estado Español ha legislado un Reglamento que establece unas condiciones de protección de la salud de los trabajadores relacionados con plomo más estrictas que las que establece dicha Directiva.

\* Las determinaciones de plumbemia han sido garantizadas mediante nuestra participación en el programa de Control de calidad interlaboratorios PICC-Pbs del INSHT, habiendo obtenido una buena correlación entre nuestros valores y los considerados "exactos" para toda la escala de determinación, y muy buena correlación para todos aquellos valores  $x < 50 \mu\text{g/dl}$ .

Toda la escala:	+ Coeficiente de correlación	$\bar{O} = 0,9522$
	+ Ecuación	$y = mx + b$
	+ Error proporcional	$m = 0,8824$
	+ Error constante	$b = +2,9831$
	+ Error de estima	$Syx = 4,3301$

Para $x < 50 \mu\text{g}$	+ Coeficiente de correlacion	$\bar{O} = 0,9645$
	+ Ecuación	$y = mx + b$
	+ Error proporcional	$m = 1,0333$
	+ Error constante	$b = -2,6099$
	+ Error de estima	$Syx = 2,7390$

Ello hace que no haya diferencias estadísticamente significativas entre nuestras determinaciones y los valores considerados "exactos" para

un nivel de confianza del 99% en el primer caso y del 95% en el segundo. Nuestra intención hubiera sido participar en controles de calidad interlaboratorios para los demás tóxicos en fluidos biológicos, pero en el momento de realizar el estudio solo se disponía del mencionado PICC-Pbs.

\* Las demás determinaciones se garantizaron mediante calibración por patrones de adición, según indicamos en los capítulos correspondientes.

\* La Absorción Atómica con Cámara de Grafito, según la evaluación del programa PICC-Pbs, ha sido la técnica más ampliamente utilizada por los distintos laboratorios, experimentando en los últimos años un progresivo incremento, en detrimento fundamentalmente de la "Copa de Delves", que ha quedado reducida a un nivel testimonial. Además, la Cámara de Grafito fué la técnica que presentó una mejor exactitud, y junto con la Copa de Delves, una mejor precisión, si bien el número de laboratorios usuarios de la primera fueron 50-60, mientras que los de ésta sólo 2-3.

\* Los resultados de PLUMBEMIA y Zn-PP de las personas NO EXPUESTAS han oscilado entre unos valores medios de 16-19  $\mu\text{g/dl}$  y 1,7-2,1  $\mu\text{g/g Hb}$  respectivamente, ligeramente superiores a los encontrados por otros autores, sin que esta diferencia tenga significación alguna en cuanto al efecto tóxico se refiere.

\* Los resultados obtenidos para la mayoría de los colectivos analizados confirmaron las suposiciones iniciales, basadas en las buenas condiciones laborales en que se desarrolla el trabajo, de la NO EXISTENCIA DE RIESGO de contaminación por PLOMO o sus derivados. De todos estos grupos, no hemos encontrado diferencias estadísticamente significativas respecto a NO EXPUESTOS, a un nivel de confianza del 95%, en los casos de:

- + Agentes Municipales.
- + Trabajadores en soldaduras.
- + Taller de reparación de chapa de automóvil.

\* La contaminación originada por soldadura sobre materiales previamente tratados con pintura de imprimación, va a tener efectos totalmente NULOS respecto al PLOMO o sus derivados. La evaluación se realizó mediante el análisis de ocho soldadores a los que se efectuó una primera extracción de sangre un lunes al comienzo de la jornada laboral, y una segunda el viernes de esa misma semana, al concluir la jornada. Los resultados expresados en la tabla C-1 nos muestran que no hay diferencias estadísticamente significativas entre ambas series a un nivel de confianza del 95%.

\* Los colectivos de HEPATOPATIAS y TRABAJADORES DE CC.AA. han dado niveles con diferencias estadísticamente significativas respecto a no expuestos, pero sin ninguna incidencia respecto al efecto toxicológico; por ello podemos concluir la NO EXISTENCIA DE RIESGO toxicológico

# SOLDADORES

	PLUMBEMIA $\mu\text{g/g.Hb}$		Zn - PROTOPORFIRINA					
			$\mu\text{g/g.Hb}$			$\mu\text{g/dl}$		
			LUNES	VIERNES	LUNES	VIERNES	LUNES	VIERNES
TRABA.	LUNES	VIERNES	LUNES	VIERNES	LUNES	VIERNES	LUNES	VIERNES
n = 1	16,4	17,2	1,9	2,0	30,21	30,80	71,42	71,62
n = 2	22,7	25,8	1,9	2,1	31,54	34,86	68,71	62,35
n = 3	15,4	16,3	1,9	1,9	24,36	28,12	70,88	69,26
n = 4	20,3	23,0	1,9	1,3	24,15	20,15	55,26	45,18
n = 5	10,3	13,0	2,1	2,1	34,02	33,81	78,02	76,84
n = 6	18,3	19,7	2,5	2,8	41,25	46,20	92,28	100,65
n = 7	16,7	19,8	1,9	1,8	30,21	27,36	66,84	61,90
n = 8	16,0	18,5	1,6	1,5	23,52	22,20	56,40	54,01
V M	17,02	19,16	1,91	1,93	30,28	30,43	69,97	67,71
D E	3,6638	3,9630	0,3044	0,4502	5,7037	8,1770	11,9163	16,6641
C V	21,53	20,68	15,91	23,23	18,83	26,86	16,88	24,60
LCS 99%	30,43	31,05	2,82	3,28	47,39	54,96	105,42	117,71

Table C-1





por plomo para estas personas, que presentaron los resultados siguientes:

Hepatopatías	Plumbemias	V M	= 23,06 µg/dl
		LCS 99%	= 46,53 "
	Zn-PP	V M	= 2,50 µg/g Hb
		LCS 99%	= 4,87 "
Compañía Auxiliar	Plumbemia	V M	= 20,07 µg/dl
		LCS 99%	= 36,69 "
	Zn-PP	V M	= 2,25 µg/g Hb
		LCS 99%	= 3,61 "

\* Una vez conocidos los resultados de las determinaciones realizadas a los PINTORES, podemos concluir la NO EXISTENCIA DE RIESGO toxicológico por plomo para este colectivo, que ha tenido valores del orden de:

Pintores	Plumbemia	V M	= 24,14 µg/dl
		LCS 99%	= 52,51 "
	Zn-PP	V M	= 2,57 µg/g Hb
		LCS 99%	= 4,59 "

Obviamente estos resultados presentan diferencias estadísticamente significativas respecto a no expuestos, a un nivel de confianza del 95%, pero sin ninguna incidencia desde el punto de vista toxicológico.

Como caso puntual, durante el estudio apareció un pintor con niveles de plumbemia y Zn-PP relativamente altos, próximos a zonas peligrosas para la salud. Estos datos no estaban en consonancia con los de sus compañeros de trabajo más cercanos, ni tenían explicación con los

parámetros y condiciones laborales en que realizaba su trabajo, por lo que decidimos hacer un seguimiento de su forma de vida fuera de la Empresa, encontrando que su esposa e hija tenían también niveles altos comparados con los no expuestos. La causa de tal alteración resultó ser el consumo de agua con elevada concentración de plomo arrastrado de las canalizaciones domésticas.

\* Respecto a la posible incidencia del TABACO, aplicando el test de Student para muestras independientes con distribución normal, en algunos casos hemos detectado diferencias estadísticamente significativas entre fumadores y no fumadores, pero sin ningún valor toxicológico. En resumen, el análisis estadístico de diferencias, a un nivel de confianza del 95%, para los grupos evaluados fué el siguiente:

	Plumbemias	Zn-PP
NO EXPUESTOS	SI	SI
HEPATOPATIAS	NO	NO
AGENTES MUNICIPALES	NO	SI

\* Como ya se indicó en el apartado correspondiente, debemos hacer una especial mención al caso de los trabajadores de la Fábrica de PVC, que ha sido el UNICO GRUPO para los que sí hemos encontrado RIESGO DE INTOXICACION por plomo, con los valores medios siguientes:

Fábrica de PVC	Plumbemia	V M	= 55,00 µg/dl
		LCS 99%	=113,70 "
	Zn-PP	V M	= 6,99 µg/g Hb
		LCS 99%	= 22,51 "

La distribución de valores se resume en la tabla C-2, observándose que hay dos trabajadores con niveles situados en zonas prohibidas y otro grupo significativo en zonas de continua vigilancia.

Valores	Plomo en sangre	Potoporfirina- Zinc
Normales	x < 40 µg/dl Personas 3 - 20%	x < 100 µg/dl Personas 9 - 60 %
Moderados	40 µg/dl < x < 80 µg/dl Personas 10 - 67 %	100 µg/dl < x < 280 µg/dl Personas 5 - 33 %
Elevados	80 µg/dl < x Personas 2 - 13 %	280 µg/dl < x personas 1 - 7 %

Tabla C-2

\* Finalmente, como contribución a su concreción, hemos encontrado una buena CORRELACION entre PLUMBEMIAS y LOGARITMO DECIMAL DE Zn-PP, para un total de 50 resultados, elegidos entre aquellos que por su estabilidad en el puesto de trabajo han alcanzado un buen equilibrio entre sus niveles interiores. Como resumen de esta correlación, hemos calculado:

+ Ecuación de correlación para Zn-PP en µg/g Hb

$$\text{Log Zn-PP} = 0,01271 \text{ Pb-S} + 0,07907$$

+ Coeficiente de Correlación

$$\bar{O} = 0,8982$$

+ Error de estima

$$Syx = 0,1351$$

Esta ecuación responde perfectamente a la relación entre los valores de plumbemia y Zn-PP medidos, para todos los grupos analizados.

\* Basándonos en los resultados obtenidos y en la ecuación de correlación anterior, creemos que el valor de 20 µg/g Hb que aparece en el Reglamento, relacionándolo con niveles de plumbemia situados entre 70 y 80 µg/dl, es relativamente alto, dado que según nuestras determinaciones dicho valor tendría una correlación con niveles de plumbemia del orden de 96 µg/dl. Por ello proponemos que aquel valor debería ser revisado a unos niveles entre 12 y 14 µg/g Hb, que guardan correlación con las antedichas plumbemias de 70-80 µg/dl.

## **BIBLIOGRAFIA**



## BIBLIOGRAFIA

- (1) I.N.S.H.T. "Toxicología Laboral Básica".

ARIENS E.J. y COL.; "Introduction to General Toxicology". Acad. Press, New York, 1976.

- (2) ORGANIZACION INTERNACIONAL DEL TRABAJO. (OIT)  
"Encyclopedia of Occupational Health and Safety".  
3a Ed. International Labour Office, Geneva, 1983.

- (3) AMOUR M.O.; "Industrial Toxicology. The Industrial Environment. Its Evaluation and Control". U.S. Department of Health, Education and Welfare. N.I.O.S.H Washington, D.C. 1973

- (4) MINISTERIO DE TRABAJO. "Disposiciones Generales sobre la Prevención de las Enfermedades Profesionales". Serie Legislación Nº 200, Normas Médicas. Ordenes del Ministerio de Trabajo del 12 de Enero de 1963 y 15 de Diciembre de 1965.

- (5) BARTUAL J. y BERENGUER M.J.; "Metabolismo de los Tóxicos. Tipos de reacciones metabólicas". Documentos Técnicos. 34 I.N.S.H.T, Barcelona, 1985



KOVALSKII V.V.; VOROTNITSKAYA I.E.; and TSOI G.G.;  
"Trace Elements Metabolism in Animals". Vol. 2; Univ.  
Park. Press; Baltimore, Maryland. 1974.

- (6) Opus cit. en (5)
- (7) Opus cit. en (5)
- (8) FABRE R. y TRUHAUT R; "Tratado de Toxicología". Tomo I  
Paraninfo Madrid, 1976.
- (9) Opus cit. en (3)
- (10) Opus cit. en (3)
- (11) Opus cit. en (3)
- (12) ROBERT R. SOKAL; F. JAMES ROHLF; "Biometría". Edit. H.  
Blume Ediciones. 1979
- (13) ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. (OMS) "Límites de  
Exposición Profesional a metales pesados, que se  
recomiendan por razones de salud". (OMS) Series de  
Informes Tecnicos 647. Ginebra 1980.
- (14) SETIEN J; GARRIDO M. "Organización de la Seguridad e  
Higiene del Trabajo en España y Extranjero". Colegio  
Oficial de Ingenieros Industriales de Santander. 1977.  
(Pag. 31-40)

- (15) Opus cit. en (14)
  
- (16) Opus cit. en (14)
  
- (17) Opus cit. en (14)
  
- (18) AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL  
HIGIENISTS. "Threshold Limit Values and Biological  
Exposure Indices for 1989-90". Cincinnati, OH 45211.
  
- (19) Opus cit. en (18)
  
- (20) Opus cit. en (18)
  
- (21) Opus cit. en (18)
  
- (22) Opus cit. en (18)
  
- (23) Opus cit. en (18)
  
- (24) LARS FRIBERG; GUNNAR F. NORDBERG and VELIMIR B. VOUK.  
"Handbook on the Toxicology of metals". Elsevier 1986.
  
- (25) ALFRED P.F. "Tratado de Neumología". Dpyma, Geaco Hill  
1982.
  
- (26) Opus cit. en (24)
  
- (27) Opus cit. en (24)

- (28) N.I.O.S.H. "Criteria for a Recommended Standard... Occupational Exposure to Inorganic Lead". U.S. Nat. Tech. Inf. Serv. PB-214265, Springfield, Virginia 1972
- (29) N.I.O.S.H. "Manual of Analytical Methods - General Procedure for Metals. P & CAM 173". 2a Edition. 1979
- (30) N.I.O.S.H. "Manual of Analytical Methods - Lead and inorganics lead compounds". 1981. U.S. Dep. of Health, Education and Welfare. Washington, D.C.
- (31) Opus cit. en (29)
- (32) SERVICIO SOCIAL DE HIGIENE Y SEGURIDAD DEL TRABAJO. "Norma Ha-2122". Madrid 1982.
- (33) I.U.P.A.C. "Nomenclature, Symbols, Units and their usage in spectrochemical analysis - II Data interpretation (Rules approved 1975)". Anal. Chem. 48 1976.
- (34) Opus cit. en (33)
- (35) SERVICIO SOCIAL DE HIGIENE Y SEGURIDAD DEL TRABAJO. "Los Procesos de Soldeo". S-80.
- (36) Opus cit. en (35)

- (37) SERVICIO SOCIAL DE HIGIENE Y SEGURIDAD DEL TRABAJO.  
"Riesgos Higiénicos en los procesos de Soldadura".  
S-89.
- (38) SCHIMPKE P. y H.A. HORN. "Tratado de Soldadura -  
Soldadura Eléctrica".
- (39) A.C.G.I.H. "BIOLOGICAL EXPOSURE INDICES FOR 1988-89".  
  
I.N.R.S. "FICHAS TOXICOLOGICAS".
- (40) PATTY F.A. "Industrial Hygiene and Toxicology". 1982.  
  
RANDAL C; BASELT. "Biological Monitoring Methods for  
Industrial Chemicals". Biomedical Publications. 1980.  
  
BYRNE A.R.; HOSTAL L.; DERMELJ M and TUSEH-ZNIDARIC M.  
"Trace-Element-Analytical Chemistry in Medicine and  
Biology". Vol. 2, (1983).
- (41) MANNING A.C. and FERNANDEZ F.J. "Atomization for  
Atomic Absorption using a Heated grafite tube". A.A.  
News. 9, (3) 1970. (Pag. 65-70).
- (42) Opus cit. en (39) y (40)
- (43) Opus cit. en (39) y (40)

D.L. TSALEV and Z.K. ZAPRIANOV. "Atomic Absortion Spectrometry in Occupational and Environmental Health Practice". CRC PRESS 1984. Boca Ratón, Florida.

LOSEE F.; CUTRESS T.W. and BROWN R. "Trace Substances in Environmental Health". Proceedings, University of Missouri, Colombia, MO 1973.

(44) Opus cit. en (43)

TOLONE M. "Industrial Toxicolog of Manganese". 1972.

D.OLAV MAZARRASA MOWINCKEL. "Estudio crítico de los Métodos Análiticos Modernos propuestos para las determinaciones de Pb, Hg y Mn en Medios Ambientales y Líquidos Fisiológicos (orina y sangre)". 1983.

(45) O.M.S. "Environmental Health Criteria 17. Manganese". World Health Organization. Geneve 1981.

(46) N.A.S. "Manganese". Comitte on Biological Effects of Atmospheric Pollutans. U.S. National Academy of Sciences. Washington D.C. 1974.

(47) Opus cit. en (44)

(48) PERKIN-ELMER. "Analitical methods using the HGA Graphite Furnace: The Determination of Manganese in Serun and Urine". BC-5. P-E. Bondenseewerk (Germany). 1977.

I.N.S.H.T. "Norma HA : 2121. Determinación de Manganeso en Orina por Absorción Atómica con Cámara de Grafito".

(49) Opus cit. en (48-1)

(50) Opus cit. en (44)

(51) P. MUNNE I MAS. "Intoxicación Aguda por Plomo". Tema Monográfico / Intoxicaciones Agudas. 1973.

(52) MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. "Reglamento para la prevencion de riesgos y protección de la salud de los trabajadores por la presencia de plomo metálico y sus compuestos iónicos en el ambiente de trabajo". Orden de 9 de abril de 1986. (BOE de 24 de abril 1986)

(53) Opus cit. en (44)

(54) M.P. ANDERSON y B.P. MESMAN. "Determinación del Plomo en las orinas no tratadas". American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 34, Nº 7. 1973 (Pag. 310).

(55) R.W. BALOH. "Diagnostico en el Laboratorio de la Absorción aumentada de Plomo". Archives of Environmental Health. U.S.A. Vol. 28, Nº 4. 1974. (Pag. 185).

(56) Opus cit. en (44)

F. MARQUES MARQUES y J. OBIOLS QUINTO. "Exposición a Plomo como factor de riesgo de Nefropatía Tóxica". Mafre Medicina. Vol. 2. 1991.

(57) MARTI MERCADAL J.A. "Historia e historias del Plomo". Medicina de Empresa 22. (Pag. 35-38).

(58) NORDBERG G.F. "Effects and Dosis-Response Relationships of toxic metal". International Meeting organized by The Subcommittee on the Toxicology of metals of the Permanent Commission and International Association on Occupational Health. Amsterdam, Elsevier. 1976.

(59) N.I.O.S.H. "Inorganic Lead Revised Criteria - 1978". U.S. Dep. of Health, Education and Welfare. Washington 1978.

(60) DIRECTIVA 82/605 DE LA CEE. "Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al plomo metálico y sus compuestos iónicos durante el trabajo".

(61) Opus cit. en (52)

(62) Opus cit. en (43)

LABORATORIO CONTOX S.A. "Determinación de Plomo en sangre, método de Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito / STPF. Documento de trabajo AA/CB/21".

SERVICIO SOCIAL DE HIGIENE Y SEGURIDAD DEL TRABAJO  
"Norma HA-2122". Madrid 1982

I.N.S.H.T. "Determinación de Plomo en Sangre - Método de Cámara de Grafito / Espectrofotometría de Absorción Atómica".

VOELKOPF V; GROBENSKI Z; SCHLEMMER G; and WELZ B.  
"Determination of trace elements in biological samples using stabilized temperature platform furnace. Atomic Spectroscopy". Application study 683. PERKIN - ELMER.

(63) MANUAL of AUTOMATIC ZP HEMATOFLUOROMETER. Model 206.  
AVIV BIOMEDICAL, INCORPORATED. New Jersey.

(64) LOURO M.O; LORENZO M.J. y TUTOR J.C. "Comparación de distintos procedimientos para la determinación hematofluorimétrica de Protoporfirina-zinc eritrocitaria". Sangre 1990 Nº 35 (4). (Pag. 311-315).

(65) A.G. SHARPER y COL. "Plomo sérico en la población rural" Brit. Med. Nº 284, 1982. (Pag. 299-302).



G.C. SECCHI y L. ALESSIO. "Resultados de algunas determinaciones biológicas realizadas en el Laboratorio, de trabajadores expuestos al plomo". Archives of Environmental Health, Vol 29, No 6. 1974. (Pag. 351).

(66) Opus cit. en (65)

(67) S. ALVAREZ; M.P. LOPEZ y C. MANSILLA. "Prevención Primaria y Epidemiología del Saturnismo". Noticias de Seguridad. 1987.

L.I. CALDERON; "Detección precoz del Saturnismo Profesional. La Zinc-Protoporfirina Eritocitaria". Mafre Seguridad No 32 1988.

A. LAMOLA; "Determinación cuantitativa de ZPP eritrocitaria". J. Lab. Clin. Med. 80. 1977. (Pag. 881-890).

R. PEREZ DE LA OSA. "Papel de la ZZP en la detección y diagnóstico del Saturnismo". I.N.S.H.T. Documentos Técnicos, No 4 1983.

(68) Opus cit. en (67-3)

S. PIOMELLI et alt. "Diagnóstico de Laboratorio en la intoxicación saturnina". Ped. Clin. Nort. Am. 27-4. 1980. (Pag. 843-853).

A. LAMOLA et alt. "Relación Porfirina eritrocitaria - Hemo por Hematofluorimetría". Clin. Chem. 26-5. 1980. (Pag. 667-678).

- (69) R. SUGA et alt. "Valores normales de ZPP en el adulto por Hematofluorimetría y su correlación con los valores normales de plumbemia". Am. Ind. Hyg. Ass. J. 42. 1981. (Pag. 637-642).



UNIVERSIDADE DA CORUÑA  
Servicio de Bibliotecas



1700744211